

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR
EKSTRAK BUAH MENGGUDU (*Morinda citrifolia L.*) DENGAN
IRRADIASI MICROWAVE**

SKRIPSI

Oleh:
MUHAMMAD WILDAN HIDAYAT
NIM. 14630063



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR
EKSTRAK BUAH MENGGKUDU (*Morinda citrifolia L.*) DENGAN
IRRADIASI MICROWAVE**

SKRIPSI

Oleh:
MUHAMMAD WILDAN HIDAYAT
NIM. 14630063

Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR
EKSTRAK BUAH MENGGUDU (*Morinda citrifolia L.*) DENGAN
IRRADIASI MICROWAVE**

SKRIPSI


Oleh:
MUHAMMAD WILDAN HIDAYAT
NIM. 14630063

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 29 Maret 2019

Pembimbing I



Diana Candra Dewi, M.Si
NIP. 19770720 201312 2 001

Pembimbing II


Umayatus Syarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,
Ketua Jurusan







Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR
EKSTRAK BUAH MENKUDU (*Morinda citrifolia L.*) DENGAN
IRRADIASI MICROWAVE**

SKRIPSI

Oleh:
MUHAMMAD WILDAN HIDAYAT
NIM. 14630063

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memeroleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 4 April 2019

Penguji Utama	: Elok Kamilah Hayati, M.Si NIP. 19790620 200604 2 002	
Ketua Penguji	: Suci Amalia, M.Sc NIP. 19821104 200901 2 007	
Sekretaris Penguji	: Diana Candra Dewi, M.Si NIP. 19770720 201312 2 001	
Anggota Penguji	: Umayatus Syarifah, M.A. NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengetahui,
Ketua Jurusan




Elok Kamilah Hayati, M. Si
NIP. 19790620 200604 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN PENULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Wildan Hidayat
NIM : 14630063
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Buah Mengkudu (*Morinda Citrifolia L.*) Dengan *Irradiasi Microwave*

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 16 April 2019

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Wildan Hidayat
NIM. 14630063

PERSEMBAHAN

Assalamualaikum wr. wb.....

Dengan mengucap rasa syukur Alhamdulillah, saya persembahkan skripsi ini untuk:

- ❖ *Allah SWT. yang telah meridhoi segala usaha dan mengabulkan segala do'a sehingga saya bisa menyelesaikan skripsi ini.*
- ❖ *Orang Tua (H. M. Sunan dan Hj. Nur Azizah) dan kakek yang selalu merelakan setiap usahanya, lebih khusus pada sepertiga malam.*
- ❖ *Saudara-saudaraku yang selalu memberikan motivasi dan do'anya.*
- ❖ *Dosen Kimia terutama dosen pembimbing yang selalu sabar dalam membimbing saya, semoga menjadi ilmu yang bermanfaat.*
- ❖ *Abi dan Ibuk serta seluruh santri ponpes Al Adzkya' Nurus Shofa, seseorang sekaligus ustadzahku yang telah banyak menularkan pengalaman, motivasi dan jangan lupa untuk bahagia di sana.*
- ❖ *Teman-teman Kimia angkatan 2014 yang senantiasa sabar menjadi temanku lebih khusus untuk kimia C.*
- ❖ *Seseorang yang pernah kenal akan rasa pasrah dan tak menyerah untuk sebuah rasa dan semua yang tak bisa kusebut satu persatu.*

Walaikum salam wr. wb.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Maha Besar Allah SWT segala puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis atas segala nikmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul: **“Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Buah Mengkudu (*Morinda Citrifolia L.*) dengan Irradiasi Microwave”**. Shalawat serta salam selalu penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, sosok teladan dalam membangun peradaban dan budaya pemikiran. Skripsi ini merupakan salah satu syarat menyelesaikan program S1 (Strata-1) di Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini, terutama kepada:

1. Ibu Diana Candra Dewi, M.Si., selaku Pembimbing I.
2. Ibu Suci Amalia, M.Sc., selaku Konsultan.
3. Ibu Umaiatus Syarifah, M.A., selaku Pembimbing Agama.
4. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si., selaku Penguji Utama.

Atas bimbingan, pengarahan, dan nasehat serta segala bantuannya kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis skripsi ini tidak luput dari bantuan semua pihak, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Oleh karena itu, penulis dengan penuh kesungguhan dan kerendahan hati, menghaturkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si, selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Para Dosen Pengajar di Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengalirkan ilmu, pengetahuan, pengalaman dan wawasannya sebagai pedoman dan bekal bagi penulis.
4. Seluruh staf Laboratorium di Jurusan Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim dan Bapak Erwin sebagai operator TEM Universitas Gajah Mada Yogyakarta atas seluruh bantuan dan sumbangan pemikiran selama penyelesaian skripsi ini.
5. Teman-teman Jurusan Kimia Angkatan 2014 khususnya kelompok Nanopartikel Emas, serta semua mahasiswa Kimia Fakultas Sains dan teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan motivasi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman santri Al-Adzkiya' Nurus Shofa yang terkasih dan tercinta semuanya tanpa terkecuali yang telah memberikan do'a, kasih sayang dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Ayah dan Ibu yang telah memberikan doa, kasih sayang, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan secara satu persatu dalam menyelesaikan skripsi ini baik berupa moral maupun materil.

Penulis menyadari adanya kekurangan dan keterbatasan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat menjadi sarana pembuka tabir ilmu pengetahuan baru dan bermanfaat bagi kita semua, Amin.

Malang, 13 Februari 2019

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
LEMBAR ORISINILITAS	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
المستخلص	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Nanopartikel Emas (AuNPS).....	8
2.1.1 Logam Emas (Au)	8
2.1.2 Sifat Nanopartikel Emas (AuNPS).....	9
2.1.3 Manfaat Nanopartikel Emas.....	11
2.2 Buah Mengkudu.....	11
2.2.1 Morfologi dan Identifikasi Buah Mengkudu.....	12
2.3 Sintesis Nanopartikel Emas (AuNPS)	14
2.3.1 Green Synthesis Nanopartikel Emas	15
2.3.2 Sintesis Nanopartikel Emas dengan <i>Irradiasi Microwave</i>	17
2.4 Karakterisasi Nanopartikel Emas (AuNPS).....	21
2.4.1 Spektrofotometer UV-Vis	21
2.4.2 <i>Transmission Electron Microscopy</i>	24
BAB III METODOLOGI	
3.1 Pelaksanaan Penelitian.....	27
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	27
3.2.1 Alat	27
3.2.2 Bahan	27
3.3 Tahap Penelitian	27
3.4 Cara Kerja.....	28
3.4.1 Pemilihan dan Preparasi Sampel Bioreduktor Ekstrak Buah Mengkudu.....	28
3.4.2 Pembuatan Larutan H _{Au} Cl ₄	28

3.4.3 Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas.....	28
3.4.3.1 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Daya Menggunakan <i>Irradiasi Microwave</i>	29
3.4.3.2 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Waktu Pemanasan Menggunakan <i>Irradiasi Microwave</i>	30
3.4.3.3 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Volume Bioreduktor Menggunakan <i>Irradiasi Microwave</i>	30
3.4.4 Karakterisai Nanopartikel Emas	31
3.4.4.1 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan Spektrofometer UV-Vis terhadap Pengaruh Waktu Kontak.....	31
3.4.4.2 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan TEM (<i>Transmission Electron Microscopy</i>)	32
3.4.5 Analisis Data	32
3.4.5.1 Hubungan Antara Panjang Gelombang dengan Absorbansi pada Panjang Gelombang (400-700 nm).....	32
3.4.5.2 Hubungan Antara Waktu Kontak dengan Absorbansi pada Panjang Gelombang (400-700 nm)	33
3.4.5.3 Uji Statistik Menggunakan Software SPSS	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pemilihan dan Preparasi Sampel Bioreduktor Ekstrak Buah Mengkudu.....	34
4.2 Pembuatan Larutan H _{Au} Cl ₄	35
4.3 Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas.....	37
4.3.1 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Daya Menggunakan <i>Irradiasi Microwave</i>	39
4.3.2 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Waktu Pemanasan Menggunakan <i>Irradiasi Microwave</i>	43
4.3.3 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Volume Bioreduktor Menggunakan <i>Irradiasi Microwave</i>	46
4.4 Karakterisai Nanopartikel Emas.....	50
4.4.1 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan Spektrofometer UV- Vis terhadap Pengaruh Waktu Kontak.....	50
4.4.2 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan TEM (<i>Transmission Electron Microscopy</i>)	52
4.5 Relevansi Hasil Penelitian dengan Prespektif Islam	55
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ukuran nanopartikel emas dengan konsentrasi jus buah delima 1.400 mg mL ⁻¹	10
Gambar 2.2 Ukuran nanopartikel emas dengan konsentrasi jus buah delima 2.400 mg mL ⁻¹	10
Gambar 2.3 Buah Mengkudu	13
Gambar 2.4 Aktivitas antioksidan pada buah mengkudu	14
Gambar 2.5 Mekanisme terbentuknya nanopartikel emas	15
Gambar 2.6 Mekanisme umum sintesis nanopartikel emas dengan bioreduktor... 16	
Gambar 2.7 Spektra elektromagnetik.....	18
Gambar 2.8 Perbedaan mekanisme pada metode konvensional dan microwave... 19	
Gambar 2.9 Pengaruh penambahan volume bioreduktor terhadap warna	23
Gambar 2.10 Spektra UV-Vis hasil sintesis nanopartikel emas	23
Gambar 2.11 Spektra UV-Vis hasil sintesis nanopartikel emas menggunakan bioreduktor ekstrak buah mengkudu	24
Gambar 2.12 Skematik dari TEM.....	25
Gambar 2.13 Hasil nanopartikel emas	26
Gambar 4.1 Buah Mengkudu	34
Gambar 4.2 Ekstrak buah Mengkudu dengan perbedaan konsentrasi (a) konsentrasi rendah (b) konsentrasi tinggi (c) ekstrak yang digunakan.....	35
Gambar 4.3 Larutan H ₂ AuCl ₄	36
Gambar 4.4 Spektra UV-Vis	37
Gambar 4.5 Hasil sintesis nanopartikel emas menggunakan bioreduktor ekstrak buah Mengkudu dengan variasi daya <i>microwave</i>	40
Gambar 4.6 Spektra UV-Vis hasil sintesis nanopartikel emas dengan variasi daya <i>microwave</i>	40
Gambar 4.7 Grafik absorbansi rata-rata hasil sintesis nanopartikel emas dengan variasi daya <i>microwave</i>	41
Gambar 4.8 Hasil sintesis nanopartikel emas dengan variasi waktu pemanasan menggunakan bioreduktor ekstrak buah Mengkudu (<i>Morinda citrifolia L.</i>).....	43
Gambar 4.9 Spektra UV-Vis hasil sintesis nanopartikel emas dengan variasi waktu pemanasan.....	44
Gambar 4.10 Grafik absorbansi rata-rata hasil sintesis nanopartikel emas dengan variasi waktu pemanasan.....	45
Gambar 4.11 Hasil sintesis nanopartikel emas dengan variasi volume menggunakan bioreduktor ekstrak buah Mengkudu (<i>Morinda citrifolia L.</i>).....	47
Gambar 4.12 Spektra UV-Vis hasil sintesis nanopartikel emas dengan variasi volume bioreduktor ekstrak buah Mengkudu (<i>Morinda citrifolia L.</i>)	48
Gambar 4.13 Grafik absorbansi rata-rata hasil sintesis nanopartikel emas dengan variasi volume bioreduktor ekstrak buah Mengkudu	48
Gambar 4.14 Grafik kestabilan nanopartikel emas dengan bioreduktor ekstrak buah Mengkudu	51

Gambar 4.15 Hasil analisis nanopartikel emas menggunakan TEM (a) Perbesaran 20000× (b) Perbesaran 150000×.....53

Gambar 4.16 Hasil karakterisasi nanopartikel emas menggunakan image J dengan perbesaran 80000×.....54

Gambar 4.17 Hasil karakterisasi nanopartikel emas (AuNPS) menggunakan Origin Pro55



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data sifat emas	9
Tabel 2.2 Spektrum tampak dan komplementer	22
Tabel 2.3 Hubungan warna, ukuran dan bentuk nanopartikel emas	26
Tabel 3.1 Perbandingan variasi daya <i>microwave</i> pada sintesis nanopartikel emas	29
Tabel 3.2 Perbandingan variasi waktu pemanasan pada sintesis nanopartikel emas	30
Tabel 3.3 Perbandingan variasi volume bioreduktor pada sintesis nanopartikel emas	31
Tabel 3.4 Pengaruh waktu kontak terhadap kestabilan nanopartikel emas.....	32
Tabel 4.1 Hasil Uji F dengan SPSS pada variasi daya <i>microwave</i>	42
Tabel 4.2 Hasil analisis <i>One Way Anova-BNJ</i> variasi daya <i>microwave</i>	42
Tabel 4.3 Hasil Uji <i>One Way Anova</i> dengan variasi waktu pemanasan	46
Tabel 4.4 Hasil analisis <i>One Way Anova-BNJ</i> variasi waktu pemanasan.....	46
Tabel 4.5 Hasil Uji <i>One Way Anova</i> dengan variasi volume bioreduktor	49
Tabel 4.6 Hasil analisis <i>One Way Anova-BNJ</i> variasi volume bioreduktor.....	50
Tabel 4.7 Hasil <i>One Way Anova</i> kestabilan nanopartikel emas.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja	65
Lampiran 2. Diagram Alir.....	66
Lampiran 3. Perhitungan.....	69
Lampiran 4. Spektra UV-Vis	72
Lampiran 5. Hasil TEM	77



ABSTRAK

Wildan, H. M. 2019. **Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) dengan Irradiasi Microwave.** Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Diana Candra Dewi, M.Si., Pembimbing II: Umayyatus Syarifah M.A., Konsultan: Suci Amalia, M.Sc.

Kata Kunci : nanopartikel, emas, bioreduktor, buah Mengkudu, *irradiasi microwave*.

Nanopartikel emas (Au) merupakan partikel-partikel emas yang telah dibentuk dalam ukuran 1-100 nanometer dengan mensintesis HAuCl_4 menggunakan bioreduktor ekstrak buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) menggunakan bantuan *irradiasi microwave*. Keunggulan bioreduktor bahan alam adalah tidak bersifat toksik dan kelimpahan yang melimpah. Penelitian ini meliputi reduksi HAuCl_4 menjadi Au^0 menggunakan senyawa aktif dari ekstrak buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*). Sintesis dibantu dengan penembakan radiasi gelombang micro. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan instrumen UV-Vis dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM). Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa nanopartikel emas berwarna ungu-burgundy dengan kondisi optimum daya *microwave* 60 watt selama 60 menit dengan volume bioreduktor 1,2 mL. Analisa *Transmission Electron Microscopy* (TEM) menggunakan perbesaran 80000 kali menunjukkan bahwa ukuran nanopartikel emas (Au^0) sebesar 16,815-28,335 nm berbentuk *spherical*, *trigonal* dan *heksagonal* yang dapat stabil selama 7 hari.

ABSTRACT

Wildan, H. M. 2019. **Synthesis of Gold Nanoparticles Using Bioreductor of Noni (*Morinda citrifolia L.*) Fruit Extract with Microwave Irradiation.** Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor I: Diana Candra Dewi, M.Si., Supervisor II: Umayyatus Syarifah M.A., Consultant: Suci Amalia, M.Sc.

Keywords : Nanoparticles, Gold, Bioreductor, Noni, Microwave Irradiation.

Gold nanoparticles (Au) are gold particles that have been formed in sizes 1-100 nanometers by synthesizing HAuCl_4 using bioreductors of Noni (*Morinda citrifolia L.*) fruit extract using microwave irradiation. The advantages of bioreductor natural materials are not toxic and abundant abundance. This study included the reduction of HAuCl_4 to Au^0 using the active compound from Noni (*Morinda citrifolia L.*) fruit extract. Synthesis is aided by firing micro wave radiation. The synthesis results were characterized using UV-Vis and Transmission Electron Microscopy (TEM) instruments. The results of characterization showed that gold nanoparticles are purple-burgundy with the optimum condition of microwave power 60 watt for 60 minutes with bioreductor volume 1.2 mL. The analysis of transmission Electron Microscopy (TEM) using a magnification of 80000 times indicated that the size of the gold nanoparticles (Au^0) was 16,815-28,335 nm in the form of spherical, trigonal and hexagonal which can be stable for 7 days.

الملخص

مُجد ولدان هـ. تخليق جسيمات نانوية ذهبية باستخدام *bio-reductor* من نوني (*Morinda citrifolia* L.) مستخلصات فاكهة مع تشجيع الميكروبيوف. قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف الأول: ديانا جاندرادوي، م. س. إ، المشرف الثاني: أمية الشريفة، م. أ. ، مستشار: سوجي أماليا، م. س. ج..

الكلمات الرئيسية: الجسيمات النانوية، الذهب، *bio-reductor*، نوني، تشجيع الميكروبيوف.

جسيمات الذهب النانوية (Au) هي جسيمات الذهب التي تم تشكيلها في أحجام 1-100 نانومتر عن طريق توليف $H AuCl_4$ باستخدام *bio-reductor* من مستخلص فاكهة نوني (*Morinda citrifolia* L.) باستخدام تشجيع الميكروبيوف. مزايا المواد الطبيعية لـ *bio-reductor* ليست سامة وقيمة. تشمل هذا البحث تحفيز $H AuCl_4$ إلى Au^0 باستخدام *bio-reductor* مركب نشط من مستخلص فاكهة نوني (*Morinda citrifolia* L.). ويساعد التخليق بإطلاق الإشعاع الميكروبيوف. وقد تميزت نتائج التخليق باستخدام الأشعة فوق البنفسجية فيس وأجهزة الإرسال الإلكتروني الميكروسكوب (TEM). وأظهرت نتائج التمييز أن جسيمات الذهب النانوية كانت بوجونية بنفسجية مع الحالة المثلى لطاقة الميكروبيوف 60 واط لمدة 60 دقيقة بـ *bio-reductor* حجم 1.2 مل. يشير إلى تحليل أجهزة الإرسال الإلكتروني الميكروسكوب (TEM) باستخدام التكبير من 80000 مرة أن حجم الجسيمات الذهب النانوية (Au^0) 16، 28، 815، 335 نانومتر في شكل كروي و ثلاثي و سداسي والذي يمكن أن يكون ثابتاً لمدة 7 أيام.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanoteknologi dapat didefinisikan seperti sebuah sintesis, desain dan aplikasi dari sebuah material dan perangkat dimana bentuk dan juga ukuran telah dibentuk dalam skala nano. Suatu material dapat dikatakan sebagai nanopartikel apabila memiliki rentang ukuran 1-100 nanometer (Kaushik, dkk., 2010). Nanosains dan nanoteknologi merupakan perpaduan bidang ilmu yang membahas tentang nanopartikel dimana saat ini sedang banyak diperbincangkan dalam kancah dunia (Lembang, dkk., 2014). Hal ini dikarenakan nanopartikel memiliki sifat multifungsional dan aplikasi yang menarik dalam berbagai keadaan seperti obat, nutrisi dan energi (Chandran, dkk., 2006).

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا لَاعِبِينَ

Artinya: “Dan tidak Kami ciptakan langit dan bumi dan segala yang ada di antara keduanya dengan bermain-main”. (QS. Al Anbiya’ ayat 16)

Berdasarkan tafsir Al Misbah tentang petikan ayat di atas dijelaskan bahwa Tuhan tidak menciptakan langit dan bumi serta apa saja yang berada diantara keduanya, dengan tata aturan yang begitu tepat dan indah, dengan main-main. Tuhan menciptakan semua itu dengan penuh hikmah yang dapat diketahui oleh orang-orang yang merenung dan berfikir. Alam ini diciptakan dengan berbagai macam isinya baik di dalam maupun diluar bumi dengan penuh manfaat. Emas, tembaga, dan timah terdapat di dalam bumi sehingga untuk memanfaatkannya diperlukan pengolahan secara benar. Berdasarkan ayat di atas, peneliti ingin mengetahui manfaat emas selain untuk perhiasan dan alat tukar.

Bidang pengetahuan memiliki sudut pandang tersendiri dimana emas termasuk dalam golongan logam yang unik diantara logam yang lain karena sifat yang dimilikinya yakni tahan terhadap oksidasi dan korosi. Namun ketika dalam bentuk garam atau nanopartikel memiliki beberapa sifat yang unik seperti stabil karena bermuatan nol atau netral sehingga tidak mengakibatkan adanya radikal bebas maka emas bersifat tidak beracun apabila masuk dalam tubuh manusia. Dari beberapa sifat tersebut, nanopartikel emas dapat diaplikasikan sebagai peredam radikal bebas (Amiruddin dan Titik, 2013), deteksi dan pembawa obat kanker (Fatimah dan Nurul, 2012), agen toksisitas terapi karsinoma prostat (Fikri, 2015) dan masih banyak dalam beberapa bidang.

Sintesis nanopartikel emas dapat dilakukan dengan beberapa cara yakni fisika, kimia dan biologi atau biasa disebut *green synthesis*. Beberapa dekade ini telah banyak ilmuan di kancah dunia melakukan penelitian sintesis nanopartikel emas dengan menggunakan metode *green synthesis* (Nayak, dkk., 2014; Mostafa, dkk., 2010; Sovawi, dkk., 2016). Hal ini dikarenakan teknik fisika akan memerlukan energi yang tinggi dan teknik kimia menghasilkan akhir residu, selain itu membutuhkan biaya yang cukup mahal.

Metode biosintesis memiliki keunggulan tersendiri dibandingkan dengan metode yang lain karena ketersediaan bahan yang lebih dan prosedur yang ramah lingkungan (Palaniselvam, dkk., 2014). Bahan alam yang dapat digunakan untuk mensintesis nanopartikel yakni mikroorganisme dan ekstrak tumbuhan (Chandran, dkk., 2006). Penggunaan peran mikroorganisme dalam mereduksi, sedikit rumit karena perawatan mikroorganisme tersebut membutuhkan penanganan yang lebih. Sehingga jalan keluar mengatasi tersebut yakni menggunakan senyawa aktif yang

ada pada tumbuhan dan untuk mendapatkannya perlu didapat ekstrak dari tumbuhan tersebut. Ekstrak tersebut mengandung senyawa bioaktif seperti flavonoid, asam sitrat, fenol (Shantoskumar, dkk., 2017), asam amino, polifenol dan vitamin (Shib dan Braja, 2012).

Penjelasan sebelumnya telah dijelaskan bahwa sintesis nanopartikel logam banyak mendapat perhatian khusus karena memiliki aplikasi yang luas (Khurseed, 2015). Salah satu material logam yang telah diteliti yakni emas (Sovawi, dkk., 2016; Ankamwar, 2010). Emas dapat disintesis dengan metode yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan bahan alam yakni mereduksi Au^{3+} menjadi Au^0 (Ratul, dkk., 2010). Nayak, dkk., (2014) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa sintesis nanopartikel emas dapat menggunakan prekursor larutan HAuCl_4 . Namun, dengan mahalnya harga beli tersebut maka prekursor dapat dibuat menggunakan emas murni 99% yang dilarutkan dengan aqua regia (Lembang, dkk., 2014) dimana larutan tersebut dapat dibuat dengan campuran larutan HCl dan HNO_3 (3;1) (Musfiroh dan Sri, 2012).

Dzimitrowicz, dkk., (2016) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa untuk menentukan kondisi optimal mensintesis emas menggunakan bioreduktor (*M. piperita*; *M. officinalis*; *S. officinalis*) dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti temperatur dalam reaksi, panjangnya inkubasi dan konsentrasi Au (III) dengan hasil kestabilan mengalami penurunan lebih khusus dengan bioreduktor *M. piperita* sehingga nanopartikel yang dihasilkan lebih kecil. Selain itu, Mostafa, dkk., (2010) menambahkan bahwa konsentrasi bioreduktor sendiri akan mempengaruhi hasil dengan dilihat panjang gelombang pada UV-Vis yang menunjukkan bahwa ukuran partikel akan berbeda. Penelitian tersebut dilakukan

dengan variasi volume bioreduktor (ekstrak daun zaitun) mulai 0,2; 0,4; 0,8; 1; 2; 3; 5 dan 6 mL yang mempengaruhi perbedaan konsentrasi pada setiap sampel dengan hasil volume bioreduktor terbaik 5 mL menghasilkan panjang gelombang maksimum 545 nm dan ukuran nanopartikel yang dihasilkan 50-100 nm. Penelitian Mostafa, dkk., (2010) diperkuat dengan penelitian Ratul, dkk., (2010) bahwa penambahan volume bioreduktor akan mengakibatkan bergesernya panjang gelombang atau batokromik. Penelitian tersebut menggunakan ekstrak daun kaki kuda dengan memvariasikan volume bioreduktor mulai 2, 4, 6, 8, dan 10 mL dengan mencampurkan HAuCl_4 dan didiamkan pada suhu ruang hingga terjadi perubahan warna yang menghasilkan ukuran nanopartikel emas 9,3-10,9 nm. Berdasarkan penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa kemampuan suatu bioreduktor untuk mereduksi Au^{3+} akan berbeda.

Pembuatan nanopartikel emas dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti sonikasi, pemanasan biasa, dan *irradiasi microwave* (Sovawi, dkk., 2016). Menurut Hasany, dkk., (2012) *irradiasi microwave* memiliki keuntungan besar yakni panas yang dihasilkan merata di seluruh permukaan dan dapat menembus wadah. Selain itu, inti nanopartikel yang terbentuk lebih seragam dan waktu lebih singkat bila dibandingkan dengan pemanasan konvensional. Menurut penelitian Sovawi, dkk., (2016) menjelaskan bahwa sintesis nanopartikel emas menggunakan *irradiasi microwave* dengan mengontrol suhu, kecepatan dan lama waktu yang digunakan, variasi penambahan volume bioreduktor dengan hasil semakin banyak penambahan volume menyebabkan absorbansi yang dihasilkan semakin besar dan kestabilan nanopartikel emas semakin stabil. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui volume terbaik untuk mensintesis emas

yakni 0,2; 0,5; 0,75; 1,25 dan 1,5 mL dengan hasil volume terbaik yakni 1,5 mL yang ditambah dengan HAuCl_4 selama 120 detik menghasilkan ukuran nanopartikel sebesar 5,46-14,45 nm.

Tumbuhan Mengkudu atau *Morinda citrifolia L.* telah diketahui bahwa memiliki nilai sebagai obat sejak 2000 tahun yang lalu (Krishnaiah, dkk., 2013) baik akar, daun dan buah. *Morinda citrifolia L.* memiliki potensi sebagai bioreduktor karena memiliki senyawa bioaktif yakni alkaloid, flavonoid dan terpenoid (Chandra, dkk., 2015). Flavonoid memiliki fungsi sebagai antioksidan dimana dapat mengikat material logam. Pada tumbuhan Mengkudu memiliki aktivitas antioksidan yang berbeda antara daun, akar dan buah. Akar Mengkudu memiliki aktivitas antioksidan lebih tinggi (Zin, dkk., 2002).

Suman, dkk., (2014) telah mensintesis nanopartikel emas menggunakan bioreduktor ekstrak akar Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) sebanyak 3 mL. Menggunakan prekursor HAuCl_4 1 mM 34 mL dan diinkubasi selama satu malam hingga terjadi perubahan warna menjadi *ruby-red*, kemudian dikarakterisasi dengan instrument UV-Vis spektrofotometer untuk mengetahui panjang gelombang maksimum yakni 540 nm. *X-Ray Diffraction* menghasilkan nanopartikel berukuran 12,17-38,26 nm dan diperjelas dengan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang berperan sebagai reduktor dan *capping agent* yakni protein.

Berdasarkan uraian di atas, nanopartikel emas (AuNPS) dapat disintesis dari HAuCl_4 0,5 mM dimana prekursor HAuCl_4 0,5 mM yang dibuat dari lempengan emas yang dilarutkan dengan aqua regia ($\text{HCl}:\text{HNO}_3$ (3:1)). HAuCl_4 0,5 mM 5 mL disintesis menggunakan bioreduktor ekstrak buah Mengkudu

membentuk Au⁰ yang dibantu *irradiasi microwave* dengan mengontrol faktor daya *microwave*, waktu pemanasan dan volume bioreduktor. Senyawa hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan instrumen UV-Vis untuk mengetahui panjang gelombang maksimum (HAuCl₄) dan absorbansi variasi daya *microwave*, waktu sintesis, dan volume bioreduktor untuk mengetahui komposisi terbaik sintesis nanopartikel emas sehingga dapat diketahui kestabilan nanopartikel emas dan kemampuan bioreduktor sebagai *capping agent*. Hasil terbaik akan dikarakterisasi dengan instrumen *Transmission Electron Microscopy* untuk mengetahui morfologi nanopartikel emas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Berapakah variasi daya *microwave*, waktu sintesis dan volume bioreduktor terbaik untuk menghasilkan nanopartikel emas (AuNPS) menggunakan metode bioreduktor-*irradiasi microwave*?
2. Berapa waktu kestabilan nanopartikel emas (AuNPS) hasil sintesis dengan *irradiasi microwave* menggunakan ekstrak buah Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.)?
3. Bagaimana morfologi nanopartikel emas (AuNPS)?

1.3 Tujuan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui berapakah variasi daya *microwave*, waktu sintesis dan volume bioreduktor terbaik untuk menghasilkan nanopartikel emas (AuNPS) menggunakan metode bioreduktor-*irradiasi microwave*.

2. Mengetahui waktu kestabilan nanopartikel emas hasil sintesis dengan *irradiasi microwave* menggunakan bioreduktor ekstrak buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*).
3. Mengetahui morfologi nanopartikel emas (AuNPS).

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, penulis membatasi dalam beberapa hal sebagai berikut:

1. Emas yang digunakan yakni emas 99,9%.
2. Bioreduktor yang digunakan yakni ekstrak buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) dari Gandekan-Wonodadi-Blitar. Buah yang digunakan yakni pada masa siap panen.
3. Pelarut untuk melarutkan emas yakni aqua regia dan aquades sebagai pelarut dalam mendapatkan ekstrak buah Mengkudu.
4. Menggunakan *microwave domestic* dengan variasi daya *microwave* (20, 40, 60, 80 dan 100 watt), waktu sintesis (30, 60, 120 dan 180 s) dan volume bioreduktor (0,15; 0,3; 0,6; 0,9 dan 1,2).
5. Morfologi nanopartikel yang dianalisis meliputi ukuran dan bentuk.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat setelah penelitian ini yakni:

1. Emas yang sebelumnya hanya dibuat untuk perhiasan sekarang memiliki potensi untuk diaplikasikan lebih luas.
2. Buah Mengkudu berpotensi sebagai bioreduktor selain untuk obat-obatan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nanopartikel Emas (AuNPS)

2.1.1 Logam Emas (Au)

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَن يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ ۗ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ

“*Sesungguhnya Kami telah mengutus rasul-rasul Kami dengan membawa bukti-bukti yang nyata dan telah Kami turunkan bersama mereka Al Kitab dan neraca (keadilan) supaya manusia dapat melaksanakan keadilan. Dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)Nya dan rasul-rasul-Nya padahal Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha Kuat lagi Maha Perkasa*” (QS. Al-Hadid: 25).

Surah Al-Hadid ayat 25 menjelaskan tentang manfaat besi dimana lafadz الحَدِيدَ dapat diartikan logam. Logam tersebut memiliki dampak positif (وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ) apabila dimanfaatkan dengan baik dan negatif (بَأْسٌ شَدِيدٌ), sehingga sebagai kaum intelektual menjadikan Al-Qur'an dan Al-Hadist sebagai pembanding untuk mencapai sebuah keadilan (الْمِيزَانَ) dengan mengolah berbagai hasil alam yang ada dengan pemikiran dan renungan untuk mengetahui manfaat-manfaatnya. Emas termasuk dalam golongan logam sehingga emas memiliki manfaat lain selain untuk alat tukar dan perhiasan.

Golongan IB sebuah tabel periodik diisi oleh senyawa emas, perak dan tembaga. Logam tersebut memiliki bilangan oksidasi utama +1 (*aurous*) dan +3 (*auric*). Emas merupakan logam berwarna kuning dengan kelenturan tinggi. Emas dapat mengkristal dalam sistem kubik, mempunyai konduktivitas termal dan

listrik yang tinggi. Emas merupakan senyawa logam paling inert, memiliki stabilitas dan ketahanan terhadap korosi. Emas dapat dilarutkan dengan larutan yang bersifat asam seperti aqua regia dan asam nitrat. Pelarutan emas tidak lepas dari reaksi reduksi oksidasi, salah satu contoh bila dilarutkan dengan aqua regia.

Berikut reaksi yang mungkin terjadi:



Beberapa sifat emas telah dirangkum dalam tabel berikut:

Tabel 2.1 Data sifat emas

Sifat	Nilai
Nomor atom	79
Konfigurasi terluar	$5d^{10}6s^1$
Nomor massa, isotope	197
Berat atom	197,2
Titik didih, $^{\circ}\text{C}$	1063
Densitas	19,3
Titik beku, $^{\circ}\text{C}$	2600

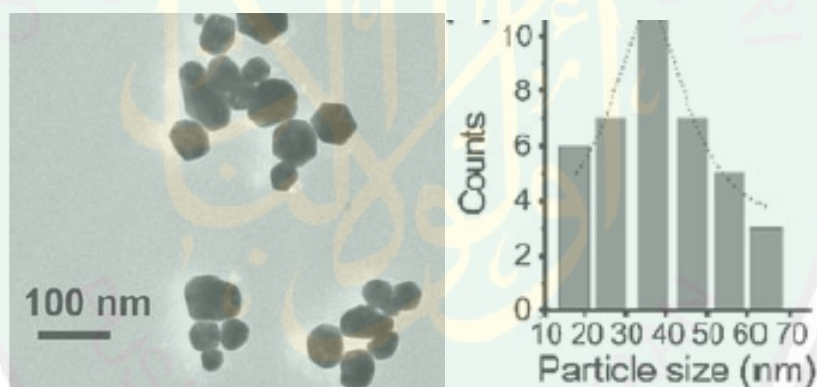
Sumber: *The Extractive Metallurgy of Gold*

2.1.2 Sifat Nanopartikel Emas (AuNPS)

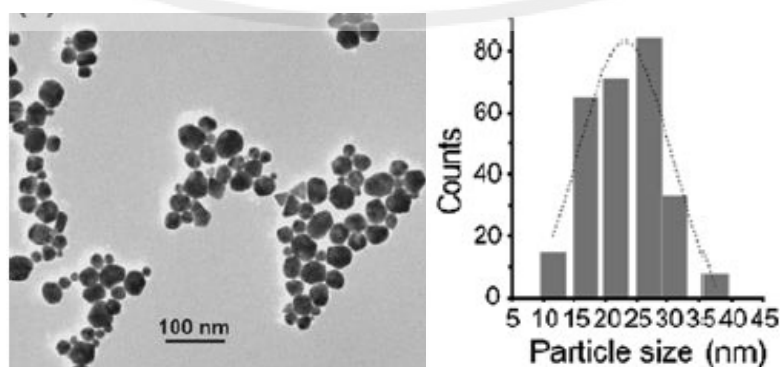
Syarat utama dari sebuah nanomaterial yakni memiliki ukuran 1-100 nanometer (Khausik, dkk., 2010). Ukuran merupakan sebuah parameter utama terjadinya perbedaan sifat fisika dan kimia dari material tersebut. Nanopartikel emas memiliki sifat stabil, karena bermuatan nol atau netral (Amiruddin dan Titik, 2013). Sifat tersebut dapat berperan sebagai peredam radikal bebas.

Ukuran dalam skala nano akan mengakibatkan perubahan warna, dari kuning (Au^{3+}) menjadi *pink-ruby red* (Au°) (Suman, dkk., 2014) sehingga akan berakibat pada panjang gelombang yang dihasilkan yakni 540 nm. Shib dan Braja

(2012) telah mengetahui panjang gelombang HAuCl_4 yakni 221 nm dan setelah penambahan bioreduktor jus buah delima (*Punica granatum*), panjang gelombang dihasilkan mengalami kenaikan yakni 430-559 nm. Perbedaan panjang gelombang tersebut akan berakibat pada ukuran yang dihasilkan dimana pada konsentrasi bioreduktor 2.400 mg mL^{-1} dan 1.400 mg mL^{-1} menghasilkan ukuran nano yang berbeda (Gambar 2.1 dan 2.2). Nanopartikel emas memiliki kemampuan untuk resonansi hamburan nyata dan dekat cahaya infra merah diatas eksitasi permukaan plasmon oksilasinya. Intensitas cahaya hamburan sangat sensitif terhadap ukuran dan keadaan aglomerasi partikel.



Gambar 2.1 Ukuran nanopartikel emas dengan konsentrasi jus buah Delima 1.400 mg mL^{-1}



Gambar 2.2 Ukuran nanopartikel emas dengan konsentrasi jus buah Delima 2.400 mg mL^{-1}

2.1.3 Manfaat Nanopartikel Emas

Nanopartikel emas telah banyak dikaji oleh para ilmuwan bila dibandingkan dengan nanopartikel logam lain seperti silver. Hal tersebut dikarenakan oleh banyaknya manfaat yang dapat diaplikasikan dengan nanopartikel emas. Nanopartikel emas telah lama diketahui bermanfaat dalam penyembuhan penyakit kanker. Yezhelyev, dkk., (2006) telah melakukan aplikasi nanopartikel emas sebagai deteksi tumor dan perawatannya dengan memanfaatkan fluorescent nanopartikel. Penelitian tersebut juga didukung oleh Nam, dkk., (2009) sebagai *photothermal cancer therapy*.

Nanopartikel emas berpotensi sebagai peredam radikal bebas. Musfiroh dan Sri (2012) dalam penelitiannya telah membuktikan bahwa semakin besar konsentrasi HAuCl_4 maka semakin besar peredaman radikal bebas menggunakan metode spektrofotometer UV-Vis. Penelitian tersebut diaplikasikan dalam bahan kosmetik sehingga tidak membahayakan bila masuk ke dalam tubuh.

2.2 Buah Mengkudu

وَهُوَ الَّذِي أَنْشَأَ جَنَّاتٍ مَّعْرُوشَاتٍ وَغَيْرَ مَعْرُوشَاتٍ وَالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفًا أَكْلُهُمُ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَانَ مُتَشَابِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ ؕ كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَآتُوا حَقَّهُ وَلَا تُسْرِفُوا ؕ إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ

Dan Dialah yang menjadikan kebun-kebum yang berjunjung dan yang tidak berjunjung, pohon korma, tanam-tanaman yang bermacam-macam buahnya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak sama (rasanya). Makanlah dari buahnya (yang bermacam-macam itu) bila dia berbuah, dan tunaikanlah haknya di hari memetik hasilnya (dengan disedekahkan kepada fakir miskin); dan janganlah kamu berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang yang berlebih-lebihan.

Tumbuhan, binatang ternak, dan buah-buahan telah diciptakan untuk memenuhi kebutuhan manusia dengan berbagai macam jenisnya sehingga dapat dibagi sesuai kelompoknya menjadi beberapa bagian. Berdasarkan ayat diatas

dapat digaris bawahi مَعْرُوشَاتٍ (berjunjung) dan وَعَبِيرٌ مَعْرُوشَاتٍ (tak berjunjung). Maksud dari kata berjunjung, ‘Atha’ Al Khurasani mengatakan dari Ibnu Abbas bahwa Ma’rusyat berarti pohon anggur yang diberi anjang-anjang (penopang) sedangkan Ghouru Ma’rusyat berarti puncak yang tidak diberi anjang-anjang seperti pohon mengkudu (*Morinda citrifolia L.*). Lafadz *Mutasyabihaat*, Ibnu Juraij berkata “yaitu yang serupa dalam pandangan mata tetapi berbeda rasa”. Berdasarkan penjelasan tersebut semua tanaman diciptakan berbeda macam, warna, bentuk, dan rasa sehingga dikelompokkan dengan beberapa perbedaan yang ada.

Tanaman mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) merupakan salah satu tanaman yang dapat hidup didaerah tropis dimana memiliki potensi sebagai obat-obatan (Djauhariya, dkk., 2003). Di Indonesia terdapat 7 jenis tanaman mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) berdasarkan ciri morfologi dan fisiologi (Zin, dkk., 2002). Perbedaan tersebut disebabkan oleh perbedaan genetik. Tanaman mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) berperan penting dalam dunia obat-obatan karena hampir disemua bagian dapat dijadikan sebagai obat-obatan (Anwar dan Liling., 2016). Beberapa penelitian telah mencoba aplikasi baik dari akar, buah, daun dan kulit seperti antidislipidemia (Saf-ur, dkk., 2010), antioksidan (Rohman, dkk., 2007), menyembuhkan luka akibat diabetes (Nayak, dkk., 2007) dan komprementif kanker (Akihisa, dkk., 2007).

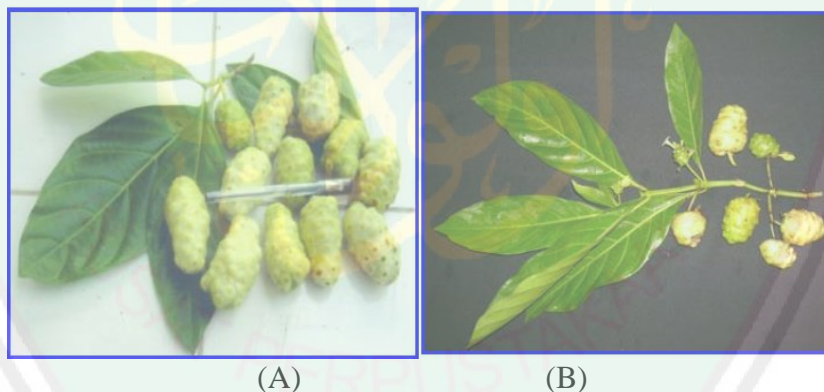
2.2.1 Morfologi dan Identifikasi Buah Mengkudu

Buah mengkudu memiliki beberapa tipe yang terdapat di Indonesia. Jauhariya, dkk., (2003) telah meneliti tentang karakter morfologi buah mengkudu dengan hasil buah mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) memiliki ukuran besar dan kecil, buah yang memiliki ukuran besar berbentuk ramping berdiameter $3,25 \pm 0,19$

dengan jumlah biji sedikit. Jumlah biji tersebut berdampak terhadap tersedianya daging. Buah mengkudu (*Morinda citrifolia L*) dengan ukuran besar berasakan asam manis dan buah dengan ukuran kecil berasakan pahit. Kadar sari dari buah mengkudu (*Morinda citrifolia L*) berkaitan dengan hasil ekstraknya dimana kadar yang didapat yakni 3,92%.

Klasifikasi tumbuhan mengkudu (*Morinda citrifolia L*) yakni:

Kingdom : Plantae
 Devisi : Magnoliophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Ordo : Rubiales
 Famili : Rubiaceae
 Genus : *Morinda*
 Spesies : *Morinda citrifolia L*

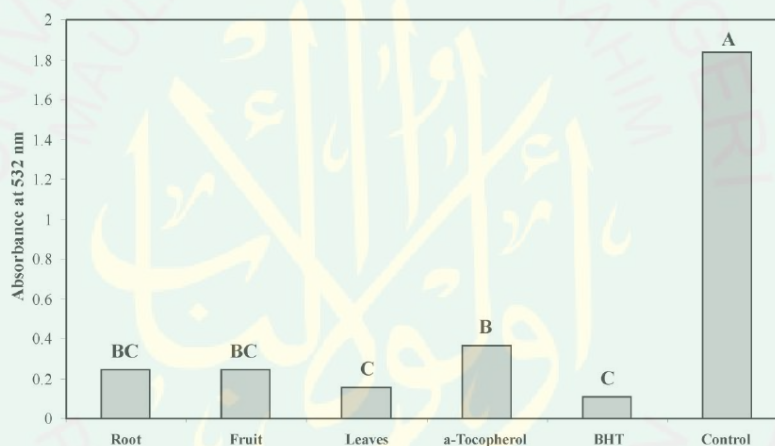


Gambar 2.3 Buah mengkudu (*Morinda citrifolia L*) (a) berukuran besar dan (b) berukuran kecil

Buah mengkudu (*Morinda citrifolia L*) terdapat beberapa jenis metabolit sekunder sehingga berpeluang memiliki aktivitas antioksidan, total fenolik dan total flavonoid. Anwar dan Liling, (2016) dalam penelitiannya menyatakan bahwa kadar total fenolik sebesar $14,44 \pm 0,82$ dengan metode pereaksi folin-ciocalteau,

kadar total flavonoid sebesar $5,69 \pm 0,21$ dengan metode pereaksi FeCl_3 dan uji aktivitas antioksidan sebesar $104,73 \pm 4,56$ dengan metode DPPH.

Aktivitas antioksidan yang berbeda dimiliki oleh setiap bagian tumbuhan mengkudu. Zin, dkk., (2002) telah berhasil menguji aktivitas antioksidan pada bagian daun, buah dan akar mengkudu (*Morinda citrifolia L*). Hasil dari penelitian tersebut yakni aktivitas antioksidan pada akar lebih tinggi dibandingkan dengan daun dan buah (Gambar 2.4).



Gambar 2.4 Aktivitas antioksidan ekstrak etilasetat pada bagian berbeda buah mengkudu (*Morinda citrifolia L*) menggunakan metode TBA (*Thiobarbituric Acid Test*)

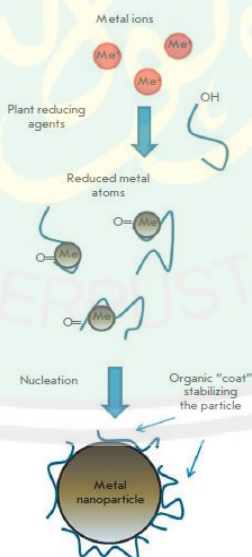
2.3 Sintesis Nanopartikel Emas (AuNPS)

Beberapa metode yang dapat dipakai mensintesis nanopartikel (NPS) seperti fisika, kimia, enzim dan biologi. Metode fisika seperti ball milling, teknik litrografik, difusi api nanopartikel, penyemprotan pirolisis. Demikian pula, metode kimia dipakai untuk sintesis nanopartikel seperti proses sol-gel, deposisi larutan kimia, Langmuir boldgett dan deposisi elektro. Metode fisika dan kimia mempunyai radiasi tinggi, konsentrasi reduktan tinggi dan kestabilan agen yang

dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia (Kuppusamy, dkk., 2014). Karenanya, metode biosintesis sebagai jalan keluar yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan peran bakteri, fungi dan ekstrak tumbuhan.

2.3.1 Green Synthesis Nanopartikel Emas

Pembuatan nanopartikel emas dapat dilakukan dengan mereduksi Au^{3+} menjadi Au^0 dengan memanfaatkan bahan alam sebagai bioreduktor (Amiruddin, dan Titik, 2013). Fatimah dan Nurul, (2012) dalam reviewnya menjelaskan bahwa syarat aktif tumbuhan yang dapat digunakan sebagai bioreduktor yakni mempunyai kemampuan mereduksi, kemampuan tersebut disebabkan oleh adanya gugus aktif yang berasal dari metabolit sekunder seperti alkenil, amida, fenolik dan alkohol, amina dan karboksilat.

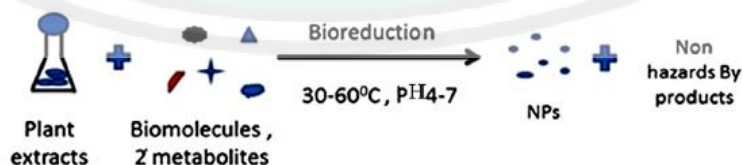


Gambar 2.5 Mekanisme terbentuknya nanopartikel logam

Mekanisme sintesis nanopartikel logam dalam ekstrak tumbuhan terdiri dari 3 fasa (Gambar 2.5); 1) fase aktivasi ketika reduksi dari ion metal dan

nuklease dari atom metal tereduksi terjadi; 2) fase pertumbuhan ketika nanopartikel kecil yang berdekatan secara spontan bergabung menjadi partikel dengan ukuran yang lebih besar (bentuk langsung dari nanopartikel, melalui nukleasi dan pertumbuhan heterogen, dan kemudian reduksi ion metal; proses yang dikenal sebagai pematangan/persiapan Ostwald), yang diiringi dengan peningkatan dalam stabilitas termodinamik dari nanopartikel; dan 3) proses pada fasa terminasi yang menentukan bentuk akhir dari nanopartikel.

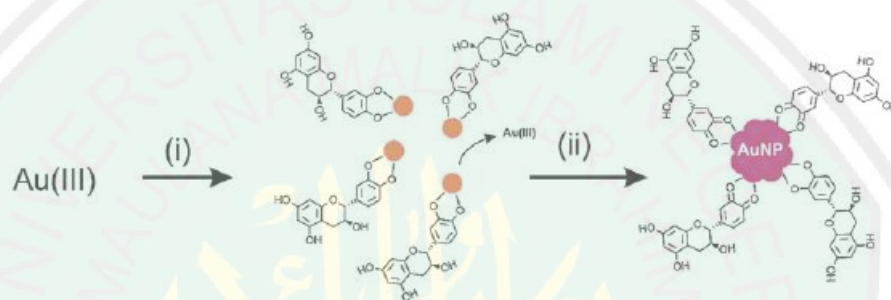
Suman, dkk., (2014) telah berhasil mensintesis nanopartikel emas menggunakan ekstrak akar mengkudu (*Morinda citrifolia L*) dan diketahui bahwa peran protein berperan sebagai bioreduktor dan *capping agent*. Ratul, dkk., (2010) telah mensintesis nanopartikel emas menggunakan bioreduktor ekstrak daun kaki kuda (*Centela asiatica*) dan diketahui bahwa peran fenolik yang mempunyai sifat antioksidan dapat mereduksi nanopartikel emas. Berdasarkan penjelasan tersebut senyawa yang dapat mereduksi yakni memiliki aktivitas antioksidan. Berikut kemungkinan mekanisme terbentuknya nanopartikel emas dengan bioreduktor:



Gambar 2.6 Mekanisme umum sintesis nanopartikel emas dengan bioreduktor (Kuppusamy, *et al.*, 2016)

Senyawa aktif suatu tumbuhan juga berperan sebagai *capping agent* nanopartikel emas dengan cara mengikat AuNPS pada bagian luar sehingga dapat

mengurangi kontak langsung antar Au° . Ketika Au° bertumbukan dengan sesamanya akan mengakibatkan terjadinya tumpukan atau aglomerasi dengan berjalannya waktu kontak. Shib dan Braja, (2012) dalam penelitiannya telah menjelaskan mekanisme pelapisan Au° dengan metabolit sekunder suatu tumbuhan yakni jus buah delima yang mengandung senyawa polifenol. Berikut reaksi yang mungkin terjadi:

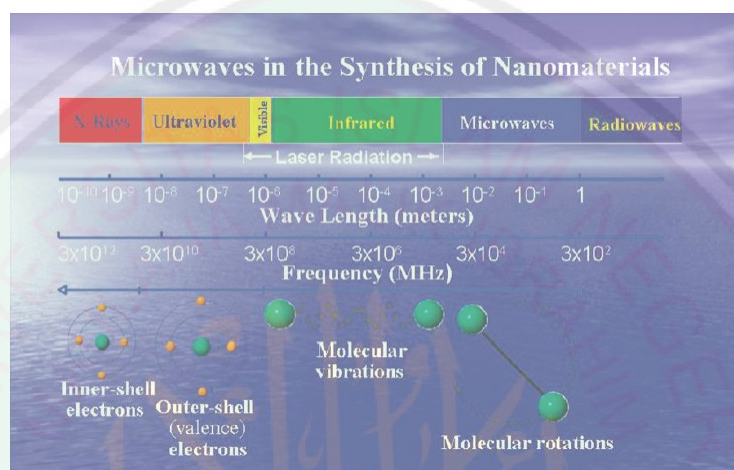


2.3.2 Sintesis Nanopartikel Emas dengan *Irradiasi Microwave*

Microwave dapat didefinisikan seperti gelombang elektromagnetik dengan vakum panjang gelombang berjarak 0,1 sampai 100 cm atau ekuivalen dengan frekuensi antara 0,3- 300 GHz. Pemanasan *microwave* dielektrik memakai kemampuan suatu cairan atau padatan untuk mengubah radiasi elektromagnetik kedalam panas untuk mengendalikan reaksi kimia. Teknologi ini membuka peluang baru untuk sintesis kimia dalam pembentukan reaksi baru yang tidak mungkin memakai pemanasan konvensional (Jain, 2011).

Ada dua prinsip yang diterapkan dalam kimia *microwave*, mekanisme dipolar dan mekanisme konduktor elektrik. Mekanisme dipolar terjadi saat, medan elektrik dibawah frekuensi tinggi, molekul polar berusaha untuk mengikuti medan di barisan. Saat ini terjadi molekul melepaskan panas yang cukup untuk mengendalikan reaksi selanjutnya. Pada mekanisme yang kedua, sampel yang

teradiasi/tersinari adalah konduktor elektrik dan pembawa muatan (elektron, ion, dan lain-lain) mengalir melalui material di bawah pengaruh dari bidang elektrik, E , menghasilkan polarisasi, P (Nadagouda, dkk., 2010).

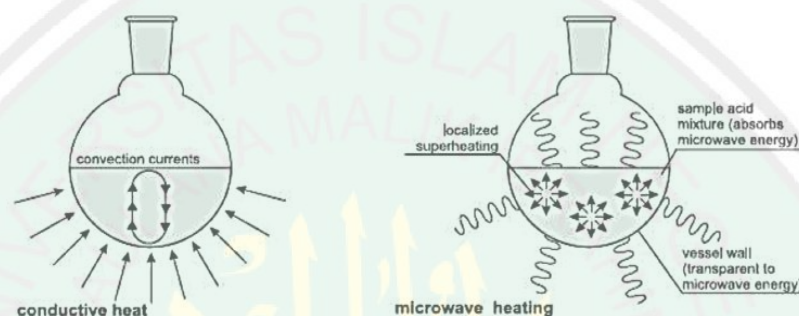


Gambar 2.7 Spektra elektromagnetik

Microwave terdapat antara frekuensi gelombang inframerah dan radio dalam spektra elektromagnetik (Gambar 2.7) (Nadagouda, dkk., 2010). Hasany, dkk., (2012) menjelaskan bahwa terdapat beberapa keuntungan dalam sintesis nanopartikel menggunakan *irradiasi microwave* yakni panas yang dihasilkan dapat merata, gelombang dapat menembus wadah sampel, inti nanopartikel yang dihasilkan lebih seragam dan waktu yang dibutuhkan lebih singkat bila dibandingkan dengan pemanasan biasa.

Pemanasan dielektrik *microwave* menyebabkan padatan dan cairan mengubah radiasi elektromagnetik menjadi kalor untuk reaksi kimia. Teknologi tersebut dapat membentuk reaksi baru yang tidak mungkin menggunakan pemanasan konvensional (Jain, 2011). Prinsip dari pemanasan menggunakan

microwave berdasarkan pengaruh langsung dari gelombang pada molekul dengan konduksi ionik dan rotasi dipole. Matrik tanaman dalam pelarut dengan konstanta dielektrik tinggi secara cepat dipanaskan dengan *microwave*, pemecahan struktur seluler, dan pelepasan komponen yang diinginkan ke dalam media sekitar.



Gambar 2.8 Perbedaan mekanisme pada metode konvensional dan *Irradiasi microwave* (a) Pemanasan secara konvensional dan (b) Pemanasan secara *Irradiasi microwave*

Proses kimia dalam kondisi *microwave* lebih pendek dari pada kondisi konvensional, mekanisme, dan kinetika reaksi tetap sama. Waktu reaksi yang lebih cepat merupakan hasil dari temperatur pada reaksi di bawah *irradiasi microwave*. Pada *microwave* pemanasan volumetrik dari bahan (Gambar 2.8) menyebabkan pemanasan di dalam lebih menyeluruh dibandingkan dengan pemanasan pada lapisan luar bahan pada metode konvensional yang menyebabkan pengukuran temperatur reaksi lebih baik (Surati, dkk., 2012).

Irradiasi microwave memiliki keuntungan yaitu pemanasan homogen yang dapat berpengaruh secara langsung pada proses nukleasi sintesis nanopartikel emas (Punuri, dkk., 2012). Sintesis dengan bantuan *microwave* merupakan metode yang menjanjikan untuk sintesis nanopartikel emas.

Pemanasan *microwave* lebih baik dari pada pemanasan konvensional untuk secara konsisten memperoleh hasil nanopartikel dengan ukuran kecil, distribusi ukuran lebih ringkas, dan kristalisasi derajat tinggi. Pemanasan *microwave* membutuhkan waktu reaksi lebih pendek, mengurangi konsumsi energi, dan hasil yang lebih baik dengan mencegah aglomerasi pada pembentukan partikel (Irvani, dkk., 2013).

Teknik pembuatan nano telah banyak dikembangkan seperti sonokimia. Sonikasi (*Ultrasonic Irradiation*) metode modern yang digunakan untuk pembuatan nanopartikel menggunakan gelombang ultrasonik pada kisaran frekuensi 20 kHz-10MHz atau lebih kecil bila dibandingkan dengan *microwave*. Kelebihan yang dimiliki oleh metode sonokimia adalah suhu yang digunakan rendah, peralatan yang digunakan sangat sederhana dan berjalan secara otomatis, waktu yang dibutuhkan relatif sangat cepat, dan ukuran nanopartikel yang dihasilkan seragam (Kas dan Birer, 2012 dan Li, dkk., 2009). Kelemahan dari metode ini dalam sintesis yakni suhu yang digunakan rendah dan bila dibandingkan dengan *microwave* lebih efisien dalam sintesis nanopartikel emas karena suhu yang dibutuhkan lebih dari 100 °C. Mustafa, dkk., (2016) telah mensintesis nanopartikel emas menggunakan *microwave* dengan suhu optimum yakni 180 °C sehingga metode sonikasi kurang efisien dalam pembuatan nanopartikel emas. Prinsip dari sonikasi yakni irradiansikan gelombang ultrasonik berfrekuensi tinggi ke dalam larutan sampel mengakibatkan tumbukan antar partikel bertekanan tinggi dalam larutan yang mempengaruhi partikel itu sendiri.

Sovawi, dkk., (2016) telah berhasil mensintesis nanopartikel emas dengan bioreduktor ekstrak buah biji merah (*Psidium guava*) variasi volume bioreduktor

dengan hasil semakin banyak penambahan volume bioreduktor dapat memperbanyak nanopartikel yang dihasilkan. Khalil (2012), dengan jumlah bioreduktor ekstrak daun bervariasi dari 0,2 sampai 6 mL. Terutama, di kisaran rendah jumlah ekstrak daun (0,2-2 mL dalam larutan ion logam 10 mL), menunjukkan peningkatan absorbansi secara bertahap pada serapan spektrum yang disertai dengan pergeseran di λ_{max} 545 sampai 530 nm. Namun, apabila di atas 5 mL terjadi sedikit penurunan absorbansi dan perubahan yang tidak berarti dalam pencapaian kejenuhan dalam bioreduksi Au^{3+} .

2.4 Karakterisasi Nanopartikel Emas (AuNPS)

Berdasarkan uraian diatas, suatu hasil sintesis dapat dianalisis menggunakan beberapa jenis instrument yakni spektrofotometer UV-Vis, *X-Ray diffraction*, *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* *Scanning Electron Microscopy (SEM)* (Lembang, dkk., 2014), *Transmission Electron Microscopy* (Sovawi, dkk., 2016). Langkah yang paling mudah dalam analisis nanopartikel emas yakni menggunakan UV-Vis. Analisis bentuk suatu nanopartikel dapat juga menggunakan *Particle Size Analyzer* (Nayak, dkk., 2014).

2.4.1 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur transmitasi, refleksi dan absorpsi dari cuplikan sebagai fungsi dari panjang gelombang serta untuk pengukuran disaerah ultra violet (Harjadi, 1990). Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis adalah interaksi yang terjadi antara energi yang berupa sinar monokromatis dengan materi yang berupa molekul, besar energi yang diserap menyebabkan elektron tereksitasi dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Serapan tidak terjadi seketika pada daerah UV-Vis untuk

semua transisi elektronik, tetapi hanya pada sistem-sistem terkonjugasi, struktur elektronik yang memiliki ikatan phi dan non bonding elektron (Sastrohamidjojo, 1990).

Sinar ultraviolet mempunyai panjang gelombang antara 200- 400 nm dan sinar tampak mempunyai panjang gelombang 400-750 nm. Warna sinar tampak dapat dihubungkan dengan panjang gelombangnya. Sinar putih mengandung radiasi pada semua panjang gelombang didaerah sinar tampak. Warna-warna yang dihubungkan dengan panjang gelombang dibuat pada Tabel 2.2 yang disebutkan juga warna komplementer, jika salah satu komponen warna putih dihilangkan maka sinar yang dihasilkan akan nampak sebagai komplemen warna yang diserap.

Tabel 2.2 . Spektrum tampak dan warna-warna komplementer

λ (nm)	Warna sinar diserap	Warna sinar diteruskan (warna komplementer)
400-435	Ungu muda	Hijau kekuningan
435-480	Biru	Kuning
480-490	Biru kehijauan	Orange
490-500	Hijau kebiruan	Merah
500-560	Hijau	Ungu tua
560-580	Hijau kekuningan	Ungu muda
580-595	Kuning	Biru
595-605	Orange	Biru kehijauan
605-750	Merah	Hijau kebiruan

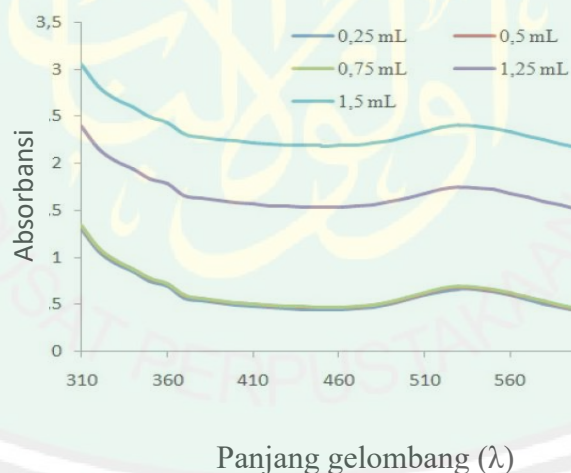
Sumber: Sukindro, 2011

Nanopartikel emas dalam bentuk larutan memiliki warna berbeda sesuai dengan ukuran yang dimiliki. Sovawi, dkk., (2016) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa suatu sintesis nanopartikel emas dapat dikatakan berhasil apabila larutan tersebut terdapat perubahan warna dari tidak berwarna menjadi berwarna ungu. Penelitian tersebut menggunakan bio reduktor ekstrak jambu biji

merah (*Psidium guava*) dengan variasi penambahan volume menghasilkan perubahan warna menjadi ungu (Gambar 2.9) sehingga spektra yang dihasilkan akan berbeda (Gambar 2.10). Panjang gelombang maksimum yang dihasilkan yakni 500-600 nm.

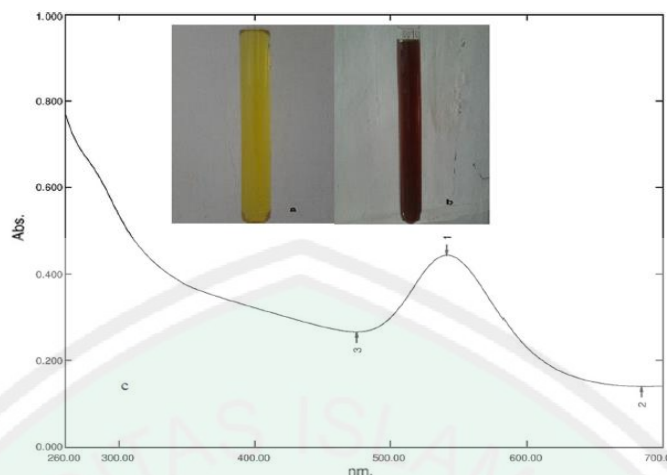


Gambar 2.9 Pengaruh penambahan volume bioreduktor terhadap warna



Gambar 2.10 Spektra UV-Vis hasil sintesis nanopartikel emas

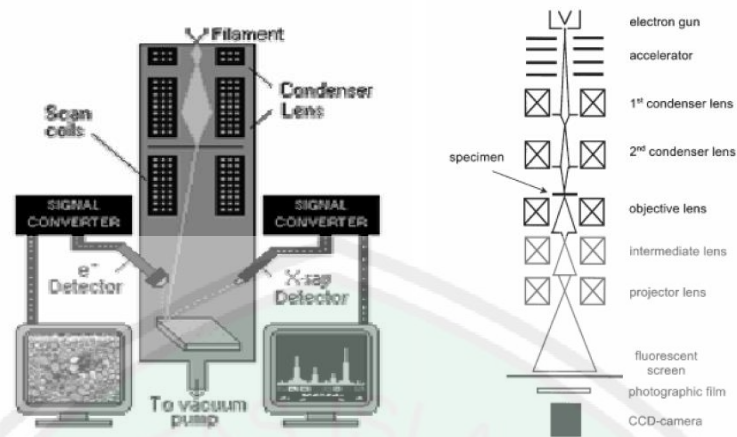
Penelitian tersebut didukung oleh Suman, dkk., (2014) yang menggunakan bioreduktor ekstrak akar buah mengkudu *Morinda citrifolia L.* menghasilkan panjang gelombang 540 nm dengan perubahan warna *pink-ruby red* (Gambar 2.11).



Gambar 2.11 Spektra UV-Vis hasil sintesis nanopartikel emas menggunakan bioreduktor ekstrak buah mengkudu

2.4.2 *Transmission Electron Microscopy* (TEM)

Mikroskopi Transmisi Elektron (*Transmission Electron Microscopy*) merupakan sebuah instrument yang memanfaatkan peran lensa mikroskop kekuatan elektron menembus sebuah sampel. Salah satu teknologi beresolusi tinggi yang paling sering digunakan pada mikroskopi elektron transmisi (TEM) adalah gangguan antara sinar yang dipancarkan oleh sampel dan biasanya terjadi di bawah kondisi iluminasi sinar paralel. Kerugian utama yang signifikan dari metode serupa kisi adalah sulitnya menginterpretasi gambar dalam istilah struktur atom dari sampel. Interpretasi dilakukan menggunakan simulasi komputer yang membutuhkan/memerlukan input (masukan) dari model struktur sampel, ketebalan sampel, dan parameter mikroskop (Karlik, 2001). Skematik dari mikroskop tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.12 berikut:



Gambar 2.12 Skematik dari TEM (Karlik, 2001)

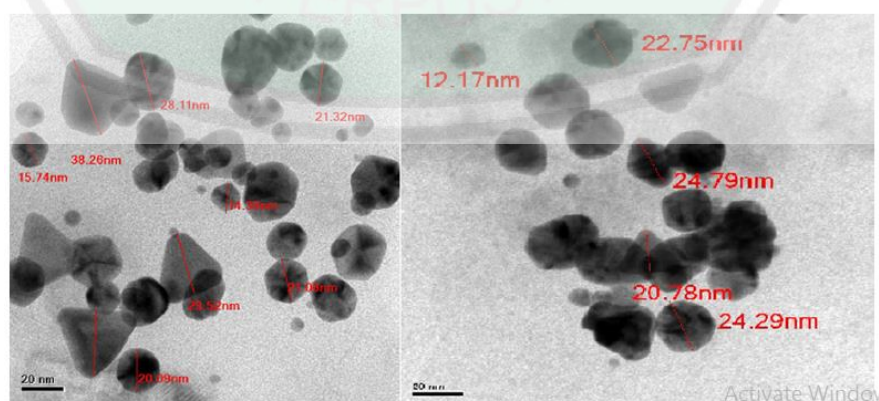
Skema diatas dapat diterangkan, elektron ditembakkan dari *electron gun* yang kemudian melewati oleh dua lensa kondenser yang berguna menguatkan dari elektron yang ditembakkan. Setelah melewati dua lensa kondenser elektron diterima oleh spesimen yang tipis dan berinteraksi, karena spesimen tipis maka elektron yang berinteraksi dengan spesimen diteruskan pada tiga lensa yaitu lensa objektif, lensa intermediate dan lensa proyektor. Lensa objektif merupakan lensa utama dari TEM karena batas penyimpangannya membatasi dari resolusi mikroskop, lensa intermediate sebagai penguat dari lensa objektif dan untuk lensa proyektor gunanya untuk menggambarkan pada layar *flourescent* yang ditangkap film fotografi atau kamera CCD (Respati, 2008).

Berdasarkan penelitian Suman, dkk., (2014) telah berhasil mensintesis nanopartikel emas dengan bioreduktor ekstrak akar Mengkudu (*Morinda citrifolia L*) dengan hasil ukuran nano 12-38,26 nm berwarna *ruby-red*. Hasil analisa nanopartikel emas menggunakan *Transmission Electron Microscopy* terdapat pada Gambar 2.13. Warna hasil sintesis berhubungan erat dengan ukuran

nanopartikel emas yang dihasilkan. Warna yang cerah mengindikasikan bahwa ukuran nanopartikel besar dengan jumlah sedikit dan semakin pekat warna yang dihasilkan mengindikasikan bahwa ukuran yang dihasilkan semakin kecil (Mostafa, 2010). Tabel 2.3 terdapat hubungan antara warna, ukuran dan bentuk dari nanopartikel emas.

Tabel 2.3 Hubungan warna, ukuran dan bentuk nanopartikel emas

Warna	Ukuran (nm)	Bentuk	Keterangan
Kemerah-merahan (merah jambu)	23-36	<i>triangular, pentagonal, hexagonal dan spherical</i>	Shib dan Braja, 2012
Merah cerah (merah Delima)	12,17-38,26	<i>spherical, triangle dan Hexagonal</i>	Suman, dkk., 2014
<i>Ruby red/kebiruan</i>	10,20-15,08		Dzimitrowich, dkk., 2016
<i>Ruby- red</i>	2-22	<i>Spherical, triangular, dan hexagona</i>	Ratul, dkk., 2010
Merah pekat	44		Lembang, dkk., 2014
Merah anggur	23,43		Sovawi, dkk., 2016



Gambar 2.13 Hasil sintesis nanopartikel emas (a) perbesaran rendah dan (b) perbesaran tinggi

BAB III

METODOLOGI

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan 3 September-29 Oktober 2018 di Laboratorium Kimia Analitik dan Kimia Organik Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang dan Laboratorium Kimia Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain neraca analitik, blender, spatula, batang pengaduk, erlenmeyer vakum, kain, gelas arloji, pipet tetes, beaker glass, labu ukur, gelas ukur, botol vial, micro pipet, botol semprot, *Microwave Domestic*, Spektrofotometer UV-Vis dan TEM (*Transmission Electron Microscopy*).

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstrak buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) di daerah Gandekan-Wonodadi-Blitar, emas murni 99%, asam klorida (HCl), asam nitrat (HNO₃), akuades, aquabides, kertas saring whatman no. 42, *aluminium foil*.

3.3 Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan- tahapan sebagai berikut:

1. Pemilihan dan preparasi sampel bioreduktor ekstrak buah Mengkudu
2. Pembuatan larutan HAuCl₄ 0,5 mM sebanyak 5 mL

3. Sintesis nanopartikel emas dengan *irradiasi microwave domestic*
4. Karakterisasi nanopartikel emas dengan Spektrofotometer UV-Vis dan TEM (*Transmission Electron Microscopy*)
5. Menganalisa data (validasi data) yang diperoleh

3.4 Cara Kerja

3.4.1 Pemilihan dan Preparasi Sampel Bioreduktor Ekstrak Buah Mengkudu

Penelitian ini menggunakan sampel bioreduktor buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*). Buah ini diperoleh dari desa Gandekan-Wonodadi-Blitar. Buah Mengkudu dicuci dan dipotong kecil-kecil. Ditimbang sebanyak 150 gram dan diblender dengan ditambah aquades sebanyak 10 mL untuk memudahkan proses pemecahan buah Mengkudu. Dilakukan *pressing* menggunakan kain untuk memisahkan filtrat kasar dan residu. Filtrat halus disaring menggunakan kertas whatman 42. Diambil 5 mL dan diencerkan dengan aquades sebanyak 10 kali.

3.4.2 Pembuatan Larutan H_{Au}Cl₄ 0,5 mM

Pembuatan larutan H_{Au}Cl₄ 0,5 mM mengacu pada prosedur yang dikembangkan dalam penelitian Lembang, dkk., (2014) yaitu larutan H_{Au}Cl₄ 0,5 mM dibuat dengan melarutkan 0,0493 g emas ke dalam aqua regia (HCl : HNO₃ (3:1)) sebanyak 4 mL dengan dibantu pemanasan, kemudian diencerkan dengan akuabides hingga volume 500 mL dan dihomogenkan. Selanjutnya, larutan H_{Au}Cl₄ dikarakterisasi dengan UV-Vis panjang gelombang 400-700 nm.

3.4.3 Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas

3.4.3.1 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Daya Menggunakan *Irradiasi Microwave*

Sintesis nanopartikel emas dilakukan dengan mencampur H_{Au}Cl₄ 0,5 mM dan ekstrak buah Mengkudu. Ion emas direduksi dalam ukuran nano

menggunakan bioreduktor ekstrak buah Mengkudu. Prosedur yang dilakukan yakni dengan mencampur larutan HAuCl_4 0,5 mM sebanyak 5 mL ke dalam gelas beaker 50 mL, lalu ditambahkan 0,9 mL ekstrak buah Mengkudu dan 0,3 mL aquades. Dilakukan sintesis nanopartikel emas dengan *irradiasi microwave* selama 120 detik (Mustafa, dkk, 2016) dengan daya *microwave* 20 watt. Digunakan variasi daya *microwave* yakni 20, 40, 60, 80, 100 watt. Selanjutnya diukur volume akhir dan dipipet sebanyak 1 mL ke dalam botol vial yang terdapat aquades sebanyak 3 mL. Percobaan ini dilakukan dengan 3x ulangan. Dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm. Hasil spektrum UV-Vis dengan hasil konsentrasi akhir terbaik dilanjutkan ke prosedur selanjutnya.

Tabel 3.1 Perbandingan variasi daya pada sintesis nanopartikel emas

Daya (watt)	Volume aquades (mL)	Lar. HAuCl_4 0,5 mM	Volume Bioreduktor (mL)	Waktu (detik)
20	0,3	5	0,9	120
40	0,3	5	0,9	120
60	0,3	5	0,9	120
80	0,3	5	0,9	120
100	0,3	5	0,9	120

3.4.3.2 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Waktu Pemanasan Menggunakan *Irradiasi Microwave*

Sintesis nanopartikel emas dilakukan dengan mencampur HAuCl_4 0,5 mM dan ekstrak buah Mengkudu. Ion emas direduksi dalam ukuran nano menggunakan bioreduktor ekstrak buah Mengkudu. Prosedur yang dilakukan dengan menambahkan larutan HAuCl_4 0,5 mM sebanyak 5 mL ke dalam gelas

beaker 50 mL, lalu ditambahkan 0,9 mL ekstrak buah Mengkudu dan 0,3 mL aquades. Dilakukan sintesis nanopartikel emas dengan *irradiasi microwave* selama 30 detik dengan daya *microwave* terbaik dari poin 3.4.3.2 yakni 60 watt. Digunakan variasi waktu pemanasan selama 30, 60, 120 dan 180 detik. Selanjutnya diukur volume akhir dan dipipet sebanyak 1 mL ke dalam botol vial yang terdapat aquades sebanyak 3 mL. Percobaan ini dilakukan dengan 3x ulangan. Dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm. Hasil spektrum UV-Vis dengan hasil konsentrasi akhir terbaik dilanjutkan ke prosedur selanjutnya.

Tabel 3.2 Perbandingan variasi waktu pemanasan pada sintesis nanopartikel emas

Daya (watt)	Volume Aquades (mL)	Lar. H _{Au} Cl ₄ 0,5 mM	Volume Bioreduktor (mL)	Waktu (detik)
60	0,3	5	0,9	30
60	0,3	5	0,9	60
60	0,3	5	0,9	120
60	0,3	5	0,9	180

3.4.3.3 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Volume Bioreduktor Menggunakan *Irradiasi Microwave*

Sintesis nanopartikel emas dilakukan dengan mencampur H_{Au}Cl₄ 0,5 mM dan ekstrak buah Mengkudu. Ion emas direduksi dalam ukuran nano menggunakan bioreduktor ekstrak buah Mengkudu. Prosedur dilakukan dengan menambahkan larutan H_{Au}Cl₄ 0,5 mM sebanyak 5 mL ke dalam gelas beaker 50 mL, lalu ditambahkan 0,15 mL ekstrak buah Mengkudu dan 1,05 mL aquades. Dilakukan sintesis nanopartikel emas dengan *irradiasi microwave* selama 60 detik

dengan daya *microwave* 60 watt. Digunakan variasi volume bioreduktor sebanyak 0,15; 0,3; 0,6; 0,9 dan 1,2 mL.

Tabel 3.3 Perbandingan variasi volume bioreduktor pada sintesis nanopartikel emas

Daya (watt)	Volume Aquades (mL)	Lar. H _{Au} Cl ₄ 0,5 mM	Volume Bioreduktor (mL)	Waktu (detik)
60	1,05	5	0,15	60
60	0,9	5	0,3	60
60	0,6	5	0,6	60
60	0,3	5	0,9	60
60	0	5	1,2	60

Selanjutnya diukur volume akhir dan dipipet sebanyak 1 mL ke dalam botol vial yang terdapat aquades sebanyak 3 mL. Percobaan ini dilakukan dengan 3x ulangan. Dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm. Hasil spektrum UV-Vis dengan hasil konsentrasi akhir terbaik dilanjutkan ke prosedur selanjutnya.

3.4.4 Karakterisasi Nanopartikel Emas

3.4.4.1 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan Spektrofotometer UV-Vis terhadap Pengaruh Waktu Kontak

Nanopartikel emas dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk mengetahui panjang gelombang dan nilai absorbansi nanopartikel emas. Pengukuran kestabilan nanopartikel emas dengan mengukur nilai absorbansi dari hari ke-0, 1, 3, 5, 7, sampai 14 menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm. Data diolah dengan Microsoft

excel dan dibuat grafik. Berikut tabel pengaruh waktu kontak terhadap kestabilan nanopartikel emas sebagai berikut:

Tabel 3.4 Pengaruh waktu kontak terhadap kestabilan nanopartikel emas

Waktu Kontak (hari)	Panjang Gelombang Maksimum (λ)	Absorbansi
0		
1		
3		
5		
7		
14		

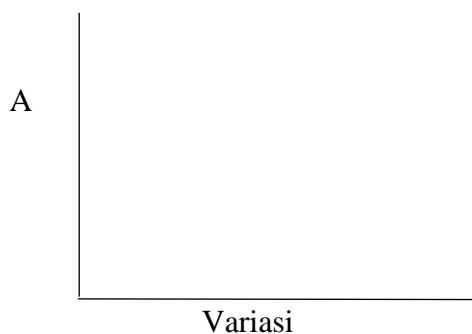
3.4.4.2 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan TEM (*Transmission Electron Microscopy*)

Karakterisasi dengan TEM dilakukan untuk mengetahui morfologi nanopartikel emas menggunakan perbesaran 20000-150000x dan data diolah dengan Image J dan Origin Pro.

3.4.5 Analisa Data

3.4.5.1 Hubungan Antara Absorbansi dengan Variasi pada Panjang Gelombang (400-700 nm)

Nilai absorbansi diolah dengan microsoft excel dan dibuat grafik sehingga diketahui nilai absorbansi tertinggi dari variasi daya *microwave*, waktu sintesis dan volume bioreduktor. Berikut grafik hubungan antara absorbansi dan variasi.



3.4.5.2 Hubungan Antara Waktu Kontak dengan Absorbansi pada Panjang Gelombang (400-700 nm)

Nilai absorbansi dan waktu kontak yang didapat, digunakan untuk analisa kualitatif dalam menentukan kestabilan nanopartikel emas. Berikut grafik hubungan antara waktu kontak dan absorbansi:



3.4.5.3 Uji Statistika Menggunakan Software SPSS

Data absorbansi dari variasi daya *microwave*, waktu sintesis dan volume bioreduktor diuji lanjut dengan SPSS menggunakan *One Way Anova-Test of Homogeneity of Variance* (Uji F). Hipotesis yang diajukan sebagai berikut:

H_0 : tidak ada pengaruh variasi terhadap nilai absorbansi hasil sintesis nanopartikel emas

H_1 : ada pengaruh variasi terhadap nilai absorbansi hasil sintesis nanopartikel emas

Untuk menentukan H_0 dan H_1 diterima, dilihat berdasarkan ketentuan berikut:

- a. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ dan $sig. < 0,05$. Maka H_1 diterima dan H_0 ditolak.
- b. Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ dan $sig. > 0,05$. Maka H_1 ditolak dan H_0 diterima.

Uji tersebut diperkuat dengan *One Way Anova-BNJ* untuk mengetahui interaksi antar setiap perlakuan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemilihan dan Preparasi Sampel Bioreduktor Ekstrak Buah Mengkudu

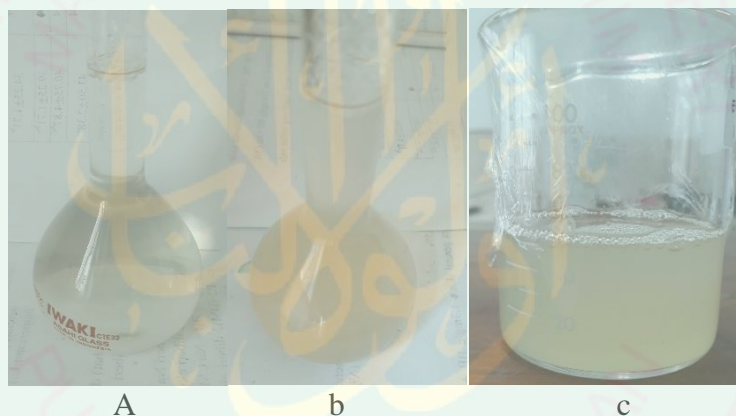
Bioreduktor dari bahan alam berlimpah akan keberadaannya dan memiliki banyak kandungan yang berpotensi untuk dimanfaatkan, salah satunya memiliki senyawa aktif sehingga dapat berperan sebagai peredam radikal bebas (antioksidan). Pada penelitian ini menggunakan ekstrak buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) sebagai bioreduktor karena buah Mengkudu memiliki beberapa macam senyawa aktif. Buah Mengkudu yang digunakan yakni buah yang akan memasuki masa siap panen (matang) (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*)

Penambahan aquades pada proses pemblenderan bertujuan untuk memudahkan proses pemecahan buah Mengkudu dan mengencerkan filtrat kasar. Filtrat kasar diencerkan sebanyak 10 kali bertujuan untuk mendapatkan ekstrak yang tepat sebagai bioreduktor. Konsentrasi ekstrak buah Mengkudu dapat mempengaruhi hasil akhir nanopartikel emas. Penggunaan konsentrasi tinggi (Gambar 4.2 b) dapat lebih banyak mereduksi Au^{3+} dan *mencapping* nanopartikel

emas bila dibandingkan dengan konsentrasi rendah (Gambar 4.2 a) yang hanya mampu mereduksi sedikit Au^{3+} . Namun, tingginya konsentrasi dapat menyebabkan terjadinya proses aglomerasi dikarenakan banyaknya senyawa samping (tidak berperan mereduksi Au^{3+}) yang terdapat pada ekstrak buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*). Perbedaan konsentrasi tersebut dapat kita analisis dengan kualitatif menggunakan warna ekstrak yang dihasilkan, dimana konsentrasi tinggi memiliki kepekatan lebih tinggi (kemerah-merahan) dibandingkan dengan konsentrasi rendah (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Ekstrak buah Mengkudu dengan perbedaan konsentrasi (a) konsentrasi rendah (b) konsentrasi tinggi (c) ekstrak yang digunakan

4.2 Pembuatan Larutan HAuCl_4 0,5 mM

HAuCl_4 dapat dibuat dengan cara menaikkan bilangan oksidasi menjadi 3+ dimana bahan utama yakni emas (Au^0) melalui proses pelarutan. Pada penelitian ini menggunakan emas 100% berbentuk lempengan sehingga memudahkan dalam proses penimbangan. Konsentrasi HAuCl_4 pada penelitian ini dimodifikasi dari

penelitian Ankamwar (2010) yang menggunakan HAuCl_4 1 mM dan diperkecil menjadi 0,5 mM bertujuan untuk mengefisiensi emas dan pelarut yang digunakan.

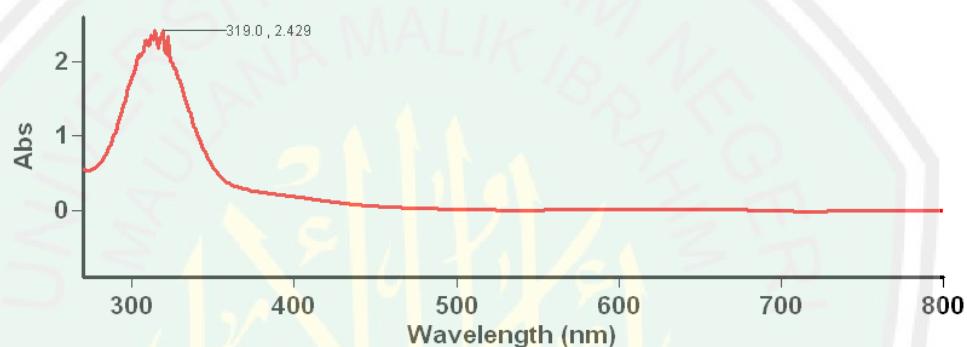
Pelarut yang digunakan yakni aquaregia sehingga emas (Au^0) dapat larut sempurna, hal ini dikarenakan aquaregia bersifat asam kuat sehingga dapat melarutkan senyawa logam. Emas dan aquaregia akan terjadi reaksi reduksi oksidasi membentuk HAuCl_4 dan juga produk samping berupa NO dan H_2 . Berdasarkan reaksi tersebut dapat diketahui bahwa telah terjadi perubahan dari Au^0 menjadi Au^{3+} . Langkah selanjutnya yakni larutan dipanaskan dengan suhu kurang lebih 120° bertujuan untuk menguapkan senyawa NO dan H_2 menguap dengan ditandai warna ungu sampai habis bereaksi atau terbentuk endapan berwarna merah (Gambar 4.3). Proses pemanasan tersebut bertujuan untuk mempercepat reaksi dan menguapkan produk samping.



Gambar 4.3 Larutan HAuCl_4 sebelum diencerkan

Analisis terbentuknya HAuCl_4 menggunakan Spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk mengukur panjang gelombang maksimal HAuCl_4 , pada rentang panjang gelombang 200-400 nm karena warna yang dihasilkan bening kekuningan

sehingga tidak termasuk warna *visible* yang akan menyerap radiasi pada panjang gelombang <400 nm. Panjang gelombang maksimum H_{AuCl}₄ pada penelitian didapat 319,0 nm dengan intensitas 2,429 (Gambar 4.4). Puncak absorpsi yang kuat pada 319,0 nm terbentuk karena adanya interaksi transfer muatan antara ligan kloro dan logam (Shib dan Braja, 2012).



Gambar 4.4 Spektra UV-Vis H_{AuCl}₄

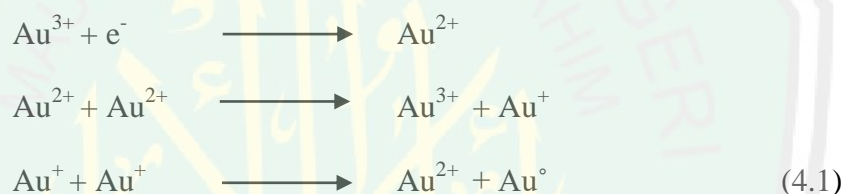
4.3 Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas

Sintesis nanopartikel emas bertujuan untuk membuat emas menjadi partikel berukuran nanometer. Dalam penelitian ini, untuk membuat Au⁰ dengan memanfaatkan senyawa aktif pada tumbuhan atau biasa disebut dengan bioreduktor. Senyawa aktif yang terdapat pada ekstrak buah Mengkudu akan mereduksi emas (Au³⁺) menjadi emas (Au⁰).

Bahan alam yang dapat digunakan sebagai bioreduktor harus memenuhi beberapa syarat salah satunya yakni memiliki senyawa aktif. Dimana senyawa aktif tersebut berperan penuh terhadap proses reduksi emas. Penjelasan sebelumnya telah dijelaskan bahwa ekstrak buah Mengkudu memiliki beberapa senyawa aktif sehingga buah Mengkudu berpotensi sebagai bioreduktor. Selain

memiliki senyawa aktif, bahan alam tersebut memiliki kelimpahan tinggi dan masih kurang dalam pemanfaatannya.

Reaksi yang mungkin terjadi pada proses sintesis yakni reaksi disproporsionasi dimana terdapat suatu reaksi antar sesama senyawanya. Reaksi reduksi oksidasi melatar belakangi dari reaksi disproporsionasi. Pada Reaksi 4.1 emas bereaksi dengan elektron dari senyawa aktif membentuk Au^{2+} , sesama Au^{2+} bereaksi menghasilkan Au^{3+} dan Au^+ dimana Au^{3+} akan bereaksi kembali dengan e^- dan Au^+ akan bereaksi sesamanya menghasilkan Au^{2+} dan Au^0 , Au^{2+} akan kembali bereaksi sesamanya kembali.



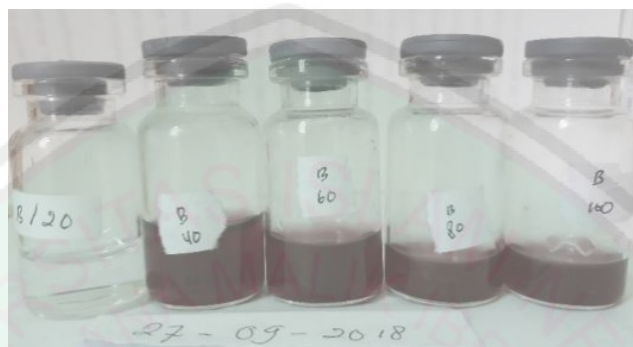
Pembentukan nanopartikel emas (AuNPS) dapat diketahui dengan bergesernya panjang gelombang maksimum AuNPS. Pada penelitian ini didapatkan panjang gelombang HAuCl_4 yakni 319,0 nm (Gambar 4.4) dan setelah dilakukan sintesis terjadi pergeseran panjang gelombang berkisar 502,1-582,9 nm (Lampiran 4) sehingga dapat diindikasikan bahwa telah terjadi pembentukan nanopartikel emas. Taufikurohmah, dkk., (2012) telah berhasil mensintesis nanopartikel emas menggunakan bioreduktor-*irradiasi microwave* dengan hasil panjang gelombang kisaran 500-600 nm. Penelitian tersebut didukung dengan data *Sigma Aldirch* dimana ukuran nanopartikel 5-100 nm memiliki panjang gelombang antara 515-572 nm. Panjang gelombang yang didapat antara 502,1-582,9 nm, muncul dari osilasi kolektif pada elektron konduksi sehingga terjadi eksitasi resonan yang menghasilkan foton (Rohiman, 2014). Berdasarkan teori

SPR (*Surface Plasmon Resonance*) bahwa panjang gelombang maksimum dengan ukuran nanopartikel memiliki hubungan dimana semakin besar ukuran nanopartikel maka panjang gelombang yang dihasilkan semakin tinggi dikarenakan energi eksitasi yang semakin kecil dengan bertambah kecilnya jarak yang ditempuh elektron untuk bereksitasi dari *ground state* ke *excitation state* semakin kecil. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini dilakukan tiga variasi bertujuan untuk mengetahui komposisi terbaik dalam pembuatan nanopartikel emas (AuNPS) yakni variasi daya *microwave*, variasi waktu sintesis dan volume bioreduktor.

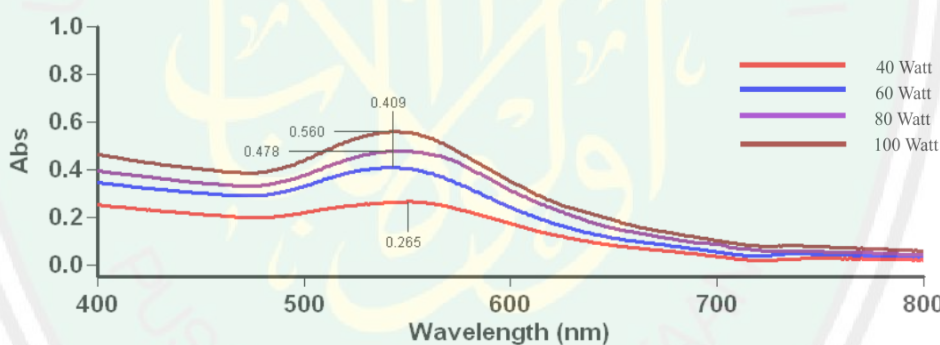
4.3.1 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Daya Menggunakan Irradiasi Microwave

Sintesis nanopartikel emas (AuNPS) dimulai dengan penambahan ekstrak buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) dan terjadi reaksi antara HAuCl_4 dengan ekstrak buah Mengkudu. Campuran tersebut dipanaskan dengan *irradiasi microwave* pada daya (20, 40, 60, 80 dan 100 watt) selama 120 detik hingga terjadi perubahan warna larutan menjadi ungu-*burgundy* (Gambar 4.5) yang dimungkinkan terbentuk adanya SPR (*Surface Plasmon Resonance*) oleh cahaya yang masuk ke dalam larutan yang mengakibatkan osilasi bolak-balik elektron di sekitar permukaan nanopartikel emas sehingga menimbulkan *plasmon band*. Variasi daya bertujuan untuk mengetahui daya optimum *microwave* untuk mendapatkan nanopartikel emas (AuNPS). Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk mengidentifikasi absorbansi hasil sintesis. Hal ini dikarenakan spektrofotometer UV-Vis merupakan teknik pertama yang digunakan

untuk mengetahui terbentuknya nanopartikel emas melalui panjang gelombang dan absorbansi untuk mengetahui konsentrasi akhir nanopartikel emas (AuNPS).



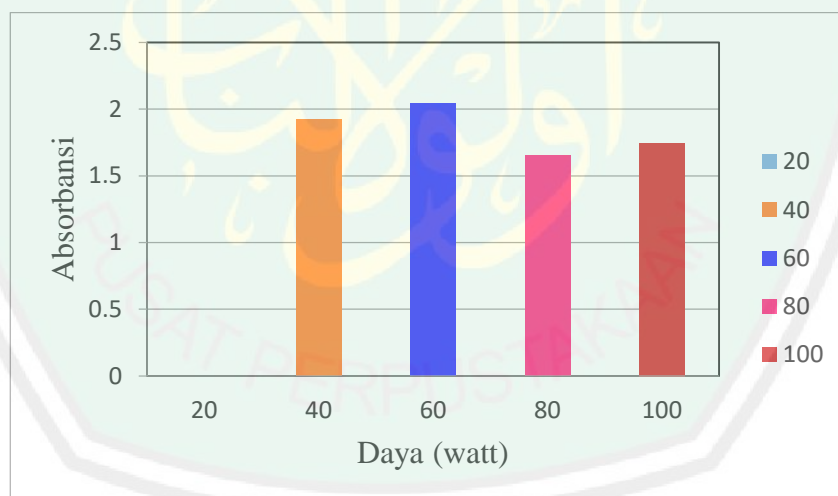
Gambar 4.5 Hasil sintesis nanopartikel emas menggunakan bioreduktor ekstrak buah Mengkudu dengan variasi daya *microwave*



Gambar 4.6 Spektra UV-Vis hasil sintesis nanopartikel emas dengan variasi daya pada *microwave*

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat diketahui absorbansi yang dihasilkan yakni 0,265-0,560. Nilai absorbansi naik dengan bertambahnya daya yang diberikan. Pada daya 20 watt tidak teridentifikasi dikarenakan tidak terjadi perubahan warna dan volume sedikit berkurang dari volume awal 6,2 mL menjadi 6,1 mL (Gambar 4.5). Hal tersebut terjadi karena daya yang diberikan kurang tinggi sehingga radiasi gelombang *microwave* yang ada tidak dapat memecah partikel emas

menjadi nanopartikel emas secara maksimal. Selain berdampak pada ukuran nanopartikel yang dihasilkan, daya juga berdampak pada volume akhir sintesis dimana semakin tinggi daya yang diberikan maka volume akan berkurang. Hal tersebut dapat diamati pada Gambar 4.5 dimana pada daya 100 watt memiliki volume akhir 3,2 mL, volume akhir lebih sedikit dibandingkan dengan daya 60 watt yang bervolume 5,2 mL. Volume pada daya 40 watt sedikit mengalami penguapan yakni 6,1 mL. Absorbansi dari 20-60 watt mengalami kenaikan, namun pada daya 60-100 watt mengalami penurunan yang diakibatkan oleh terjadinya aglomerasi sehingga absorbansi tertinggi dihasilkan pada daya 60 watt (Gambar 4.7).



Gambar 4.7 Grafik absorbansi rata-rata hasil sintesis nanopartikel emas dengan variasi daya

Berdasarkan hasil statistik *Test of Homogeneity of Variance* (Tabel 4.1) terhadap nilai absorbansi dan daya *microwave* didapat nilai F hitung sebesar 73,924 dengan signifikansi atau probabilitas sebesar 0,000. Hal ini berarti F hitung lebih besar dari F tabel (4,600) (Miller dan Jane, 2010) dan nilai

probabilitas lebih kecil dari 0,05 (95%), sehingga H1 diterima dan H0 ditolak. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa daya *microwave* dan nilai absorbansi didapatkan perbedaan pengaruh antar varian secara signifikan.

Tabel 4.1 Hasil Uji F dengan SPSS pada variasi daya *microwave*

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.219	4	0.055	73.924	0.000
Within Groups	0.007	10	0.001		
Total	0.226	14			

Berdasarkan data SPSS (Tabel 4.2) menggunakan *one way anova* menghasilkan kesimpulan data, bahwa pada daya 60 watt menghasilkan nilai absorbansi tertinggi yakni 0,328 dan tidak berbeda nyata dengan daya 40, 80, dan 100 watt. Sedangkan, pada daya 20 watt tidak menghasilkan absorbansi dan berbeda nyata dengan daya 100, 80, 60, dan 40 watt. Kesimpulan akhir variasi daya *microwave* pada penelitian ini yakni 60 watt dengan waktu sintesis 120 detik.

Tabel 4.2 Hasil analisis *One Way Anova-BNJ* pada variasi daya *microwave*

daya	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
20	3	0.000	
80	3		0.266
Tukey	100		0.281
HSD ^a	40		0.310
	60		0.328
Sig.		1.000	0.104

4.3.2 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Waktu Pemanasan Menggunakan *Irradiasi Microwave*

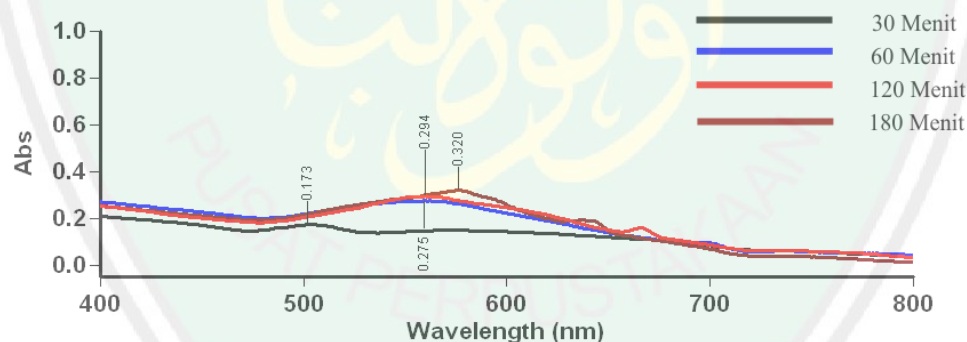
Perlakuan pada tahap ini tidak jauh berbeda dengan perlakuan sebelumnya, pada tahap ini menggunakan variasi waktu pemanasan. Pada tahap sebelumnya memakai waktu selama 120 detik, sedangkan variasi pada tahap ini yakni 30, 60, 120 dan 180 detik. Hal ini bertujuan untuk mengetahui waktu pemanasan optimum untuk melakukan sintesis nanopartikel emas menggunakan ekstrak buah Mengkudu. Hasil sintesis nanopartikel emas pada tahap kedua ini terdapat pada Gambar 4.8. Waktu pemanasan 30 detik menghasilkan warna ungu-*burgundy* dimana nanopartikel emas yang dihasilkan masih sedikit, hal ini karena waktu yang digunakan terlalu cepat sehingga proses radiasi gelombang *microwave* untuk memecah partikel kurang maksimal dan nanopartikel yang dihasilkan sangat sedikit.



Gambar 4.8 Hasil sintesis nanopartikel emas dengan variasi waktu pemanasan menggunakan bioreduktor ekstrak buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*)

Waktu pemanasan berdampak pada ukuran nanopartikel yang dihasilkan, dimana semakin lama waktu yang diberikan maka hasil akan lebih baik. Hal tersebut disebabkan oleh banyaknya bioreduktor mereduksi Au^{3+} dengan waktu

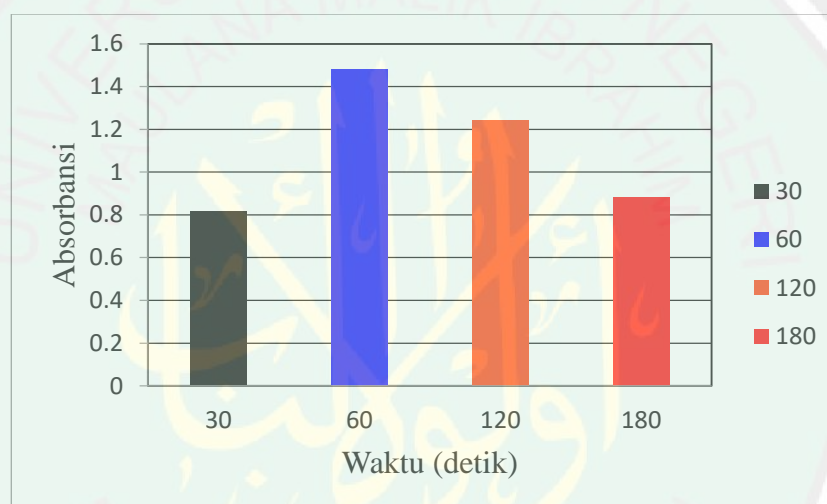
yang diberikan semakin lama. Namun, waktu pemanasan memiliki titik optimum dimana dapat digunakan untuk sintesis, apabila melebihi waktu optimum akan berdampak pada hasil sintesis dimana nanopartikel mengalami agregasi atau proses penumpukan partikel-partikel membentuk partikel yang lebih besar. Waktu pemanasan 60 detik sudah terjadi perubahan warna menjadi ungu-*burgundy* dengan volume akhir 5,2 mL (Gambar 4.8). Pada waktu pemanasan 120 dan 180 detik terjadi perubahan warna dan terdapat gumpalan-gumpalan berwarna ungu-*burgundy*. Hal ini dikarenakan waktu yang diberikan untuk sintesis terlalu lama. Lamanya waktu yang diberikan, berakibat pada energi yang dihasilkan terlalu tinggi sehingga menimbulkan rusaknya senyawa organik dan berdampak pada proses *capping* nanopartikel emas.



Gambar 4.9 Spektra UV-Vis hasil sintesis nanopartikel emas dengan variasi waktu pemanasan

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat diketahui nilai absorbansi rata-rata di atas 0,2655 sehingga dapat dikatakan data absorbansi tersebut baik (0,2-0,8). Waktu pemanasan berbanding lurus dengan nilai absorbansi. Semakin lama waktu pemanasan maka nilai absorbansi semakin tinggi, mulai 0,173-0,320. Volume akhir sintesis berbanding terbalik dengan waktu pemanasan. Semakin lama waktu

yang diberikan maka volume akhir sintesis semakin berkurang, yakni 6,2-1,8 mL karena terjadi proses penguapan yang disebabkan oleh energi yang timbul semakin tinggi. Rata-rata absorbansi tertinggi (Gambar 4.10) terdapat pada waktu pemanasan 60 detik yakni 1,480. Dapat disimpulkan bahwa waktu pemanasan optimum untuk sintesis nanopartikel emas dengan *irradiasi microwave* menggunakan ekstrak buah Mengkudu yakni 60 detik



Gambar 4.10 Grafik absorbansi rata-rata hasil sintesis nanopartikel emas dengan variasi waktu pemanasan

Berdasarkan hasil statistik *Test of Homogeneity of Variance* (Tabel 4.3) terhadap nilai absorbansi dan daya *microwave* didapat nilai F hitung sebesar 10,420 dengan signifikansi atau probabilitas sebesar 0,004. Hal ini berarti F hitung lebih besar dari F tabel (4,600) (Miller dan Jane, 2010) dan nilai probabilitas lebih kecil dari 0,05 (95%), sehingga H1 diterima dan H0 ditolak. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa waktu pemanasan dan nilai absorbansi didapatkan perbedaan pengaruh antar varian secara signifikan.

Tabel 4.3 Hasil uji *one way anova* dengan variasi waktu pemanasan

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.049	3	0.016	10.420	0.004
Within Groups	0.012	8	0.002		
Total	0.061	11			

Tabel 4.4 Hasil analisis *One Way Anova-BNJ* pada variasi waktu pemanasan

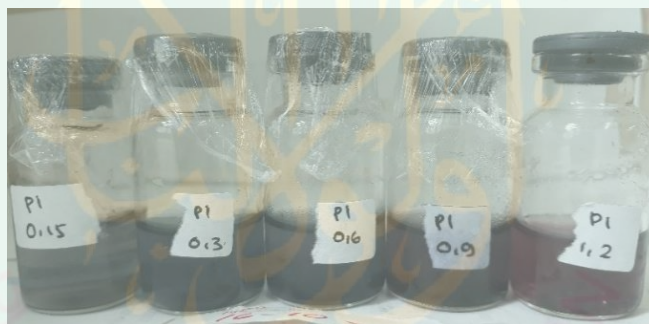
waktu	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
30	3	0.131	
180	3	0.141	0.141
Tukey HSD ^a 120	3	0.200	0.200
60	3		0.238
Sig.		0.210	0.060

Berdasarkan data SPSS (Tabel 4.4) menggunakan *one way anova-Tukey* (*BNJ*) bahwa pada waktu 30 detik menghasilkan absorbansi terendah 0,131 berbeda nyata dengan 60 detik dan tidak berbeda nyata dengan 120 dan 180 detik. Pada waktu 60 detik menghasilkan nilai absorbansi tertinggi 0,238 berbeda nyata dengan 30 detik dan tidak berbeda nyata dengan 120 dan 180 detik. Pada waktu sintesis 120 dan 180 detik tidak berbeda nyata dengan 30 dan 60 detik. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk waktu optimum untuk sintesis nanopartikel emas pada penelitian ini yakni selama 60 detik dengan daya *microwave* 60 watt.

4.3.3 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Volume Bioreduktor Menggunakan *Irradiasi Microwave*

Tahap yang ketiga yakni variasi volume bertujuan mencari volume optimum bioreduktor ekstrak buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) untuk

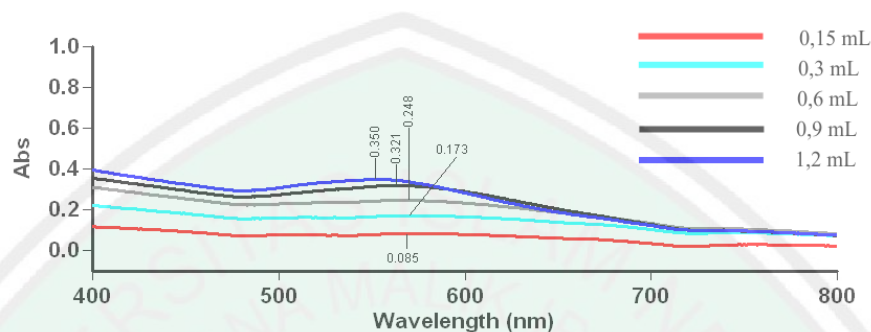
sintesis nanopartikel emas (AuNPS). Volume bioreduktor berhubungan erat dengan konsentrasi awal bioreduktor dimana konsentrasi tersebut menandai berapa banyak senyawa yang dapat mereduksi emas (Au^{3+}) menjadi emas (Au^0). Tahap ini merupakan tahap terakhir untuk mencari komposisi volume terbaik dalam sintesis nanopartikel emas (AuNPS) dengan variasi volume 0,15; 0,3; 0,6; 0,9; dan 1,2 mL. Hasil sintesis berwarna abu-abu hingga ungu-*burgundy*. Degradasi warna tersebut dipengaruhi oleh banyaknya emas yang direduksi menggunakan ekstrak buah Mengkudu. Semakin banyak nanopartikel yang dihasilkan maka warna yang dihasilkan semakin pekat (Gambar 4.11).



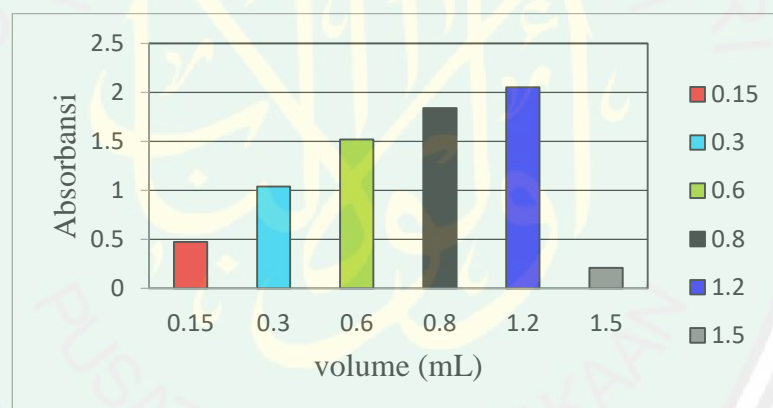
Gambar 4.11 Hasil sintesis nanopartikel emas dengan variasi volume menggunakan bioreduktor ekstrak buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*)

Volume bioreduktor 0,15 mL mengalami perubahan warna, namun perubahan tersebut belum sempurna menjadi ungu-*burgundy* dikarenakan volume 0,15 mL tidak cukup untuk mereduksi emas (Au^{3+}) pada HAuCl_4 sebanyak 5 mL dan *mencapping* Au^0 . Volume bioreduktor 0,3-0,9 mL mengalami perubahan warna yang cukup signifikan. Perubahan warna yang terjadi bertahap menuju

ungu-burgundy, namun volume 0,9 mL belum cukup untuk dikatakan ungu-burgundy. Volume 1,2 mL mengalami perubahan warna menjadi ungu-burgundy.



Gambar 4.12 Spektra UV-Vis hasil sintesis nanopartikel emas dengan variasi bioreduktor ekstrak buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*)



Gambar 4.13 Grafik absorbansi rata-rata nanopartikel emas dengan variasi volume bioreduktor ekstrak buah Mengkudu

Uji selanjutnya yakni dengan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 400-800 nm. Hasil analisa ditunjukkan pada Gambar 4.12. Nilai absorbansi pada volume 0,15 dan 0,3 mL begitu rendah yakni 0,085 dan 0,173. Nilai absorbansi pada volume 0,6; 0,9 dan 1,2 mL masing-masing 0,248; 0,321 dan 0,350. Semakin banyak volume yang ditambahkan maka nilai

absorbansi semakin baik sehingga absorbansi terbaik yakni pada volume 1,2 mL (Gambar 4.13).

Pada penelitian ini juga dilakukan percobaan dengan menambahkan volume bioreduktor 1,5 mL untuk mengetahui volume terbaik antara 1,2 dan 1,5 mL. Penambahan volume bioreduktor 1,5 menghasilkan warna larutan yang lebih ungu muda dengan gumpalan yang mengendap. Endapan tersebut mengindikasikan bahwa telah terjadi proses aglomerasi dimana nanopartikel telah menumpuk membentuk *cluster* yang lebih besar. Pada volume bioreduktor 1,5 mL memiliki nilai absorbansi sebesar 0,267 dimana nilai absorbansi tersebut lebih kecil dibandingkan dengan volume 1,2 mL sebesar 0,384 (Lampiran 4.4). Dengan demikian, titik optimum volume bioreduktor pada penelitian ini yakni penambahan bioreduktor ekstrak buah Mengkudu 1,2 mL.

Tabel 4.5 Hasil uji *one way anova* dengan variasi volume bioreduktor

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.126	4	0.032	85.262	0.000
Within Groups	0.004	10	0.000		
Total	0.130	14			

Berdasarkan hasil statistik *Test of Homogeneity of Variance* (Tabel 4.5) terhadap nilai absorbansi dan daya *microwave* didapat nilai F hitung sebesar 85,262 dengan signifikansi atau probabilitas sebesar 0,000. Hal ini berarti F hitung lebih besar dari F tabel (4,600) (Miller dan Jane, 2010) dan nilai probabilitas lebih kecil dari 0,05 (95%), sehingga H1 diterima dan H0 ditolak.

Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa volume bioreduktor dan nilai absorbansi didapatkan perbedaan pengaruh antar varian secara signifikan.

Tabel 4.6 Hasil analisis *One Way Anova-BNJ* pada variasi volume bioreduktor

Volume	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	
Tukey HSD ^a	0.15	3	0.076			
	0.30	3		0.167		
	0.60	3			0.244	
	0.90	3				0.296
	1.20	3				0.330
	Sig.		1.000	1.000	1.000	0.262

Berdasarkan data SPSS (Tabel 4.6) menggunakan *one way anova-BNJ* menunjukkan bahwa pada volume 1,2 mL menghasilkan absorbansi tertinggi yakni 0,330, tidak beda nyata dengan volume 0,9 dan berbeda nyata dengan volume 0,15; 0,3; dan 0,6 mL. Absorbansi terendah dihasilkan oleh volume 0,15 sebesar 0,076 berbeda nyata dengan volume 0,3; 0,6; 0,9; dan 1,2 mL. Sehingga kesimpulan akhir bahwa volume optimum untuk sintesis nanopartikel emas dengan *irradiasi microwave* menggunakan ekstrak buah Mengkudu yakni 1,2 mL dengan daya 60 watt selama 60 detik

4.4 Karakterisasi Nanopartikel Emas

4.4.1 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan Spektrofotometer UV-Vis Terhadap Pengaruh Waktu Kontak

Nanopartikel emas (AuNPS) dalam bentuk cairan akan mudah mengalami penumpukan partikel atau biasa disebut proses aglomerasi akibat dari partikel dalam cairan akan terus bergerak dan saling bertumbukan satu partikel dengan partikel lain sehingga dengan berjalannya waktu akan mengalami aglomerasi. Fatimah dan Nurul (2012) menjelaskan bahwa dengan berjalannya waktu, cluster akan tumbuh terus-menerus berkembang dan tidak terkendali yang akan merubah

koloid menjadi suspensi yang menghasilkan endapan. Didukung oleh Lembang, dkk., (2014) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa partikel emas kurang stabil bila dalam keadaan cair sehingga mudah mengalami aglomerasi dan untuk menanggulangnya maka ditambah dengan PAA (Poli Asam Akrilat) 2%. Dalam penelitian ini dilakukan uji kestabilan hingga 14 hari (hari ke-0, 1, 3, 5, 7, dan 14) menggunakan spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk mengetahui berapa lama nanopartikel emas dapat stabil.



Gambar 4.14 Grafik kestabilan nanopartikel emas dengan bioreduktor ekstrak buah Mengkudu

Berdasarkan Gambar 4.14 dapat diketahui bahwa pada hari ke-0 sampai ke-1, rata-rata absorbansi mengalami kenaikan namun pada hari ke-3 mengalami penurunan. Hari ke-5 sampai ke-7 mengalami kenaikan dan hari ke-8 sampai ke-14 mengalami penurunan. Kenaikan absorbansi menunjukkan semakin bertambahnya partikel yang terbentuk dan berakibat pada warna yang dihasilkan akan semakin pekat, sehingga konsentrasi bertambah dan penurunan absorbansi dikarenakan terjadinya aglomerasi dimana partikel membentuk gumpalan atau partikel-partikel mengalami penumpukan sehingga konsentrasi larutan menurun. Sehingga dapat diketahui waktu kestabilan nanopartikel emas dengan metode *irradiasi microwave*-bioreduktor ekstrak buah Mengkudu selama 7 hari.

Tabel 4. 7 Hasil uji *one way anova* kestabilan nanopartikel emas

Hari	N	Subset for alpha = 0.05
		1
14	3	1.299
3	3	1.366
0	3	1.382
Tukey HSD ^a	1	1.456
	5	1.514
	7	1.576
Sig.		0.506

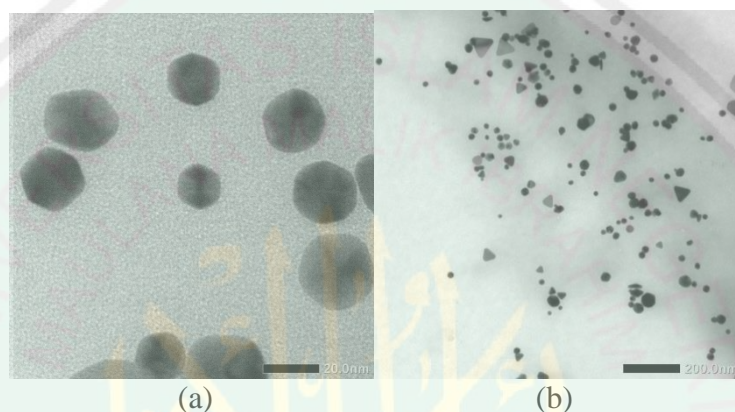
Hasil penelitian di atas didukung dengan uji *one way anova-BNJ* menggunakan SPSS. Hasil uji (Tabel 4.7) yakni tidak terjadi beda nyata dari hari ke-0 sampai hari ke-14. Nilai absorbansi tertinggi pada hari ke-7 sebesar 1,576 dan terendah pada hari ke-14 sebesar 1,299. Kesimpulan dari uji BNJ yakni kestabilan nanopartikel emas selama 7 hari.

4.4.2 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan TEM (*Transmission Electron Microcopy*)

Karakterisasi menggunakan TEM (*transmission electron microcopy*) bertujuan untuk mengetahui bentuk, ukuran, distribusi ukuran, dan persen polidispersiti nanopartikel emas (AuNPS). Sampel yang dikarakterisasi yakni hasil sintesis menggunakan ekstrak buah Mengkudu dengan *irradiasi microwave* berdasarkan komposisi terbaik pada penelitian ini. Sampel dikarakterisasi setelah uji kestabilan pada hari ke-3.

Sampel yang akan dikarakterisasi terlebih dahulu dipreparasi dengan cara mengambil sampel menggunakan *gret* yang sudah dilapisi oleh Cu dan karbon. Sampel dikeringkan pada suatu wadah tertutup agar tidak tercampur dengan senyawa pengotor. Sampel yang sudah kering dianalisis menggunakan TEM dengan pengaturan perbesaran dari 20000 ke 150000. Perubahan perbesaran tersebut bertujuan untuk mengetahui perbedaan partikel yang dianalisis dimana

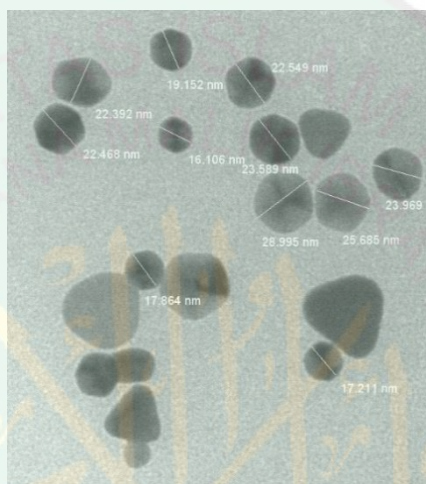
semakin besar perbedaan akan mengetahui partikel secara jelas (Gambar 4.15), semakin kecil perbesaran maka akan partikel yang teranalisis semakin banyak namun tidak dapat mengetahui perbedaan antar partikel dikarenakan ukuran partikel terlihat kecil.



Gambar 4.15 Hasil analisis nanopartikel emas menggunakan TEM (a) Perbesaran 20000 dan (b) Perbesaran 150000

Hasil perbesaran 80000 dikarakterisasi dengan Image J (Gambar 4.16). Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa jumlah nanopartikel berbentuk *spherical* lebih banyak bila dibandingkan dengan bentuk *trigonal* dan *heksagonal*. Hasil tersebut didukung dengan penelitian Mostafa, dkk., (2010) yang menjelaskan bahwa bentuk nanopartikel emas yakni *spherical* lebih baik dari *heksagonal* dan *trigonal*. Kadar bioreduktor ekstrak *olive leaf* yang digunakan dapat mempengaruhi bentuk dimana dengan kadar rendah dapat mengurangi ion kloroaurat dan tidak dapat melindungi sebagian besar nanopartikel emas sehingga nanopartikel mengalami agregasi karena kekurangan biomolekul yang bertindak sebagai agen pelindung nanopartikel. Ukuran nanopartikel emas hasil sintesis dengan bioreduktor ekstrak buah Mengkudu menggunakan *irradiasi microwave*

berukuran terkecil yakni 16,815 nm dan terbesar 28,335 nm dengan warna ungu-*burgundy*. Penjelasan sebelumnya (Tabel 2.3) telah dijelaskan bahwa warna berhubungan dengan ukuran nanopartikel yang dihasilkan dimana warna ungu-*burgundy* dapat menghasilkan ukuran nanopartikel berkisar 2-38,26 nm.

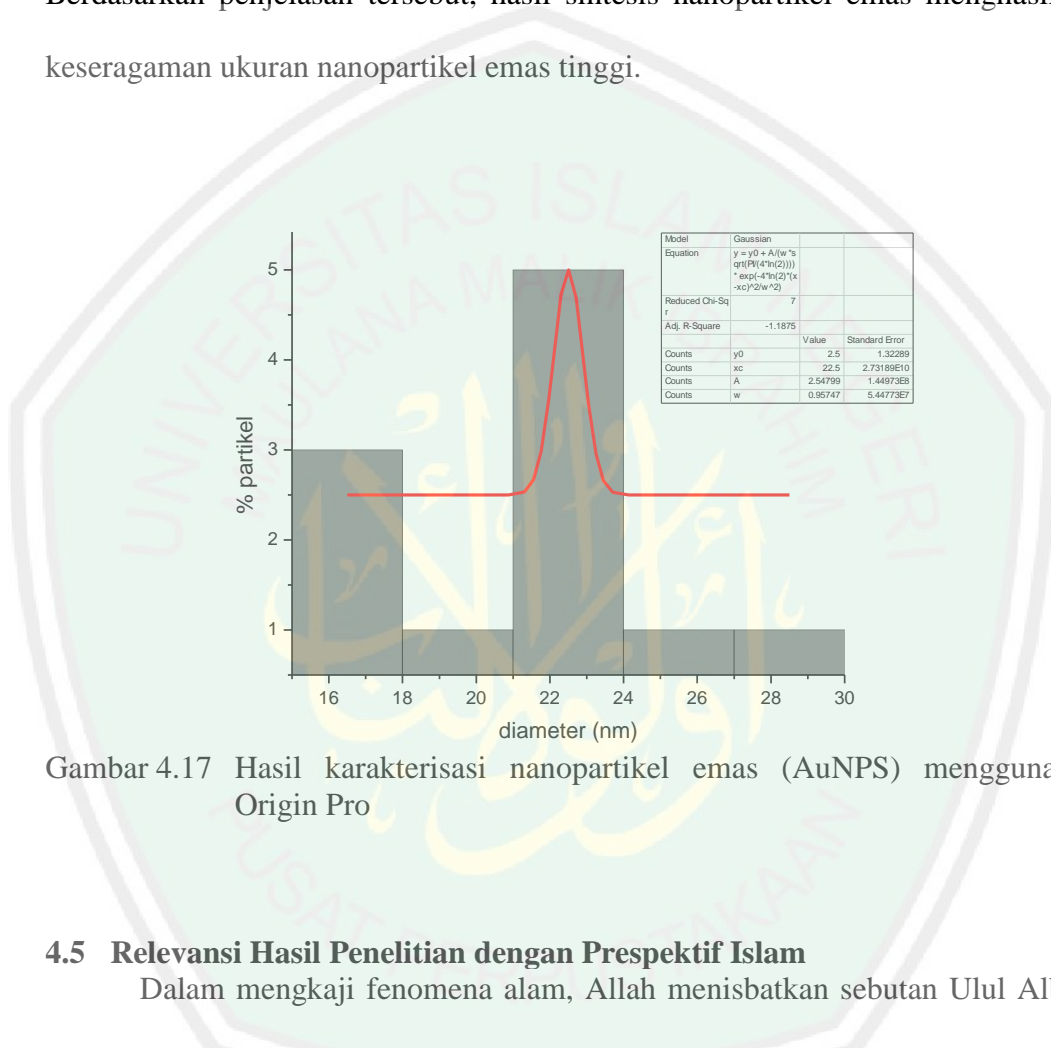


Gambar 4.16 Hasil karekaterisasi nanopartikel emas menggunakan image J dengan perbesaran 80000

Distribusi ukuran nanopartikel emas (AuNPS) diketahui dengan mengkarakterisasi menggunakan program Origin Pro. Berdasarkan Gambar 4.17 dapat diketahui bahwa ukuran nanopartikel emas antara 15-18 nm terdapat 3 partikel, ukuran 18-21 nm terdapat 1 partikel, ukuran 21-24 terdapat 5 partikel, uuran 24-27 terdapat 1 partikel dan ukuran 27-30 nm terdapat 1 partikel. Berdasarkan jumlah partikel yang ada, rata-rata ukuran nanopartikel emas berkisar antara 22,811 nm.

Berdasarkan data distribusi (Gambar 4.17), dapat diketahui persen dispersitas dengan menghitung standart defisiasi dibagi dengan jumlah rata-rata partikel dikali 100%. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat

keseragaman nanopartikel emas. Persen polidispersitas didapat sebesar 2,127%. Abdassah (2014) menjelaskan bahwa nilai persen dispersitas di bawah 5% biasanya memiliki sistem monodispersitas atau nilai keseragaman partikel tinggi. Berdasarkan penjelasan tersebut, hasil sintesis nanopartikel emas menghasilkan keseragaman ukuran nanopartikel emas tinggi.



Gambar 4.17 Hasil karakterisasi nanopartikel emas (AuNPS) menggunakan Origin Pro

4.5 Relevansi Hasil Penelitian dengan Prespektif Islam

Dalam mengkaji fenomena alam, Allah menisbatkan sebutan *Ulul Albab*, yaitu mereka yang senantiasa berdzikir (mengingat) Allah dan memikirkan ciptaanNya. Bahkan dalam Alqur'an, istilah *Ulul Albab* disebutkan sebanyak 16 kali. Salah satu di antaranya sebagaimana telah dijelaskan pada Al-Quran Surah Ali Imran ayat 190-191:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ (190) الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَفُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ (191)

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal (190) (*yaitu orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka*” (191) (QS. Ali Imron:190-191).

Ismail bin Umar Al-Quraisy dalam tafsir Ibnu Katsir menjelaskan bahwa *وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ* bermakna dan mereka yang memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi dan disambung *رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا* bermakna Ya Rab kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia. Allah menciptakan alam semesta ini tidak secara sia-sia tetapi dengan suatu kebenaran agar manusia yang telah dianugrahi akal fikiran senantiasa memikirkan alam semesta ini dan seisinya seperti emas, tembaga dan batu bara.

Imam Nawawi menafsirkan kata *ulul albab* dengan mereka berpengetahuan yang suci tidak hanyut dalam derasnya arus godaan nafsu duniawi, kemudian diikuti dengan pemahaman dan pengamalan ajaran Islam. Sedangkan menurut Jabir Al-Jazairi, *ulul albab* adalah orang yang punya akal cerdas dan mau berpikir tentang hal-hal yang berguna (Al Jazairi, 2006).

Lebih khusus Quraisy Shihab mengartikan *Ulul Albab* adalah bukan sekedar yang memiliki kemampuan berpikir cemerlang, tapi kemampuan berpikir yang disertai dengan kesucian hati, oleh karenanya seorang *ulul albab* akan menuju pada kebenaran dan mengamalkannya serta menghindar dari kesalahan dan kemungkaran (Shihab, 2002). Sehingga dari beberapa pemaknaan *Ulul Albab* di atas dapat dimengerti dengan kesucian hati sesuai fitrah manusia menghantarkan pada dzikir/sadar akan pengawasan Allah kemudian diikuti

dengan semangat mengungkap realitas alam dengan kemampuan akal yang dianugerahkan oleh Allah.

Menurut Basid, kegiatan berdzikir juga melibatkan kegiatan fikir, namun tingkatannya lebih tinggi, karena hal tersebut akan mengarahkan pada pengakuan atas keagungan maha karya Allah SWT. Realitas empiris seperti pergantian siang malam yang disebutkan dalam ayat 190 merupakan fenomena alam yang harus diamati secara mendalam proses hingga dampak atas terjadinya siang dan malam (Basid, 2012). Hal ini juga termasuk perintah Allah bagi manusia untuk memikirkan realitas alam lain secara mendalam. Oleh karenanya, manusia yang sadar betapa canggihnya ciptaan Allah akan mengakui betapa Maha Kuasanya penciptanya.

Pemanfaatan emas telah berkembang dari zaman Nabi Muhammad S.A.W. dimana emas digunakan sebagai bahan perhiasan dan alat tukar. Penggunaan emas sebagai perhiasan hanya diperbolehkan untuk perempuan dan diharamkan bagi laki-laki. Nabi Muhammad S.A.W. bersabda:

عَنِ ابْنِ عَبَّاسٍ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ رَأَى حَاتِمًا مِنْ دَهَبٍ فِي يَدِ رَجُلٍ فَنَزَعَهُ فَطَرَحَهُ وَقَالَ: يَغْمِدُ أَحَدُكُمْ إِلَى جَمْرَةٍ مِنْ نَارٍ فَيَجْعَلُهَا فِي يَدِهِ. فَتَقِيلُ لِلرَّجُلِ بَعْدَ مَا دَهَبَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: خُذْ حَاتِمَكَ. إِنْتَفِعْ بِهِ. قَالَ: لَا، وَاللَّهِ لَا آخِذُهُ أَبَدًا وَقَدْ طَرَحَهُ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ. مسلم

Dari Ibnu Abbas RA, bahwasanya Rasulullah S.A.W. melihat cincin emas di tangan seorang laki-laki, lalu beliau mencabut dan membuangnya dan beliau bersabda, "Seorang dari kalian ini sengaja mengambil bara api neraka lalu meletakkannya di tangannya". Setelah Rasulullah S.A.W. pergi, lalu dikatakan kepada orang laki-laki tersebut : "Ambillah cincinmu itu dan manfaatkanlah dia!" Maka orang laki-laki tersebut menjawab, "Sekali-kali tidak. Demi Allah, aku tidak akan mengambil (cincin) yang telah dibuang oleh Rasulullah S.A.W.". (HR. Muslim).

Asbabul Wurud dari hadist tersebut ketika seorang sahabat memakai cincin emas dan Nabi mengetahuinya. Seketika itu, Nabi melepas lalu membuang

cincin tersebut dan sahabat enggan untuk mengambilnya. Imam Nawawi *rahimahullah* menjelaskan bahwa emas tersebut masih dapat dimanfaatkan untuk kepentingan lain. Nabi Muhammad S.A.W tidaklah melarang pemanfaatan emas, hanya saja tidak diperbolehkan bagi kaum laki-laki berdasarkan *ijma'* para ulama (Syarh Muslim 14:32). Hal ini dikarenakan perhiasan berupa emas bagi laki-laki termasuk kebutuhan terseier, namun apabila termasuk dalam kebutuhan primer seperti obat-obatan maka diperbolehkan. Berkembangnya ilmu pengetahuan, menjadikan emas yang dibentuk berskala nanometer dapat digunakan sebagai *drug delivery*. Allah S.W.T. telah berfirman mengenai pemanfaatan sesuatu berdasarkan ukuran pada surah Al-Hijr ayat 21

وَأَنْ مِّنْ شَيْءٍ إِلَّا عِنْدَنَا خَزَائِنُهُ وَمَا نُنزَلُهُ إِلَّا بِقَدَرٍ مَّعْلُومٍ

Dan tidak ada sesuatupun melainkan pada sisi Kami-lah khazanahnya; dan Kami tidak menurunkannya melainkan dengan ukuran yang tertentu (QS. Al-Hijr:21).

Menurut ayat diatas, Ismail bin Umar Al-Quraisy dalam tafsir Ibnu Katsir menjelaskan Allah yang memiliki segala sesuatu dan semua apa yang telah diciptakan di alam semesta ini dengan ukuran tertentu karena terdapat hikmah yang sangat besar dibalik ukuran tersebut Kalimah *بِقَدَرٍ* bermakna ukuran sutau benda atau jumlah benda tersebut. *مَّعْلُومٍ* berarti tertentu dimana diciptakan sesuai dengan kehendak-Nya. Berdasarkan ayat tersebut, peneliti ingin mengetahui apakah dapat dibentuk dalam skala nanometer.

Suatu partikel dapat dikategorikan sebagai nanopartikel apabila memiliki ukuran 1-100 nm. Material emas dapat dibentuk dalam skala nanometer dengan cara sintesis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan *irradiasi microwave*

dan ekstrak buah Mengkudu dapat membentuk material emas menjadi nanopartikel emas dengan ukuran 12,17-38,26 nm.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Komposisi terbaik untuk sintesis nanopartikel emas (AuNPS) dengan *irradiasi microwave* menggunakan ekstrak buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) yakni dengan daya *microwave* 60 watt selama 60 detik dengan volume bioreduktor 1,2 mL.
2. Nanopartikel emas yang dihasilkan dapat stabil selama 7 hari.
3. Ukuran nanopartikel yang dihasilkan sebesar 16,815-28,335 nm dengan rata-rata ukuran sebesar 22,811 nm. Nanopartikel emas berbentuk *spherical* (bulat), *trigonal* dan *heksagonal*.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, ada beberapa hal yang perlu dijadikan bahan pertimbangan perbaikan, diantaranya:

1. Menggunakan metode ekstraksi yang tepat yakni ekstraksi maserasi dengan 3 kali penyaringan dan memisahkan dengan *sentrifuge* untuk mendapatkan ekstrak buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) yang lebih murni.
2. Optimasi sintesis nanopartikel emas dengan menggunakan alat *irradiasi microwave digest* yang dimungkinkan dapat memperpanjang waktu kestabilan nanopartikel emas.
3. Menggunakan bioreduktor dari ekstrak daun Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdassah, M. 2014. Nanopartikel dengan Gelasi Ionik. *Farmaka*. 15(1).
- Akihisa, T., Anhwange B. A., Ugye, T. J., Matsumoto, K., Tokuda, H., Yasukawa, K., Seino, K., dan Nakamoto, K. 2007. Antiinflammatory and Potential Cancer Chemopreventive Constituent of The Fruits of *Morinda citrifolia* (Noni). *Journal of Natural Products*, 70: 754–757.
- Al-Jazairi, S.A.B.J. 2006. *Tafsir Al-Quran Al-Aisar*. Jilid 1. Jakarta: Darus Sunnah.
- Amiruddin, M. A., dan Titik T. 2013. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan Matriks Bentonit sebagai Material Peredam Radikal Bebas dalam Kosmetik. *UNESA Journal of Chemistry*., 2(1).
- Ankamwar, B. 2010. Biosynthesis of Gold Nanoparticles (Green-Gold) Using Leaf Extract of *Terminalia Catappa*. *E-Journal of Chemistry*., 7(4): 1334-1339.
- Anwar, K., dan Liling, T. 2016. Kandungan Total Fenolik, Total Flavonoid, dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Buah Mengkudu (*Morinda Citrifolia L.*). *Jurnal Harmascience*.,3(1): 83 – 92.
- Basid, A. 2012. Ulul Albab sebagai Sosok dan Karakter Saintis yang Paripurna. Proceedings: Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika Ke-2. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Chandra, P., Farah, D., dan Wahdina. 2015. Bioaktivitas Ekstrak Etanol Buah Mengkudu (*Morinda Citrifolia L.*) Terhadap Rayap Tanah (*Coptotermes Curvignathus Holmgren*). 3(2): 227 – 233.
- Chandran, S. P., Minakshi, C., Reneu P., Absar A., dan Murali S. 2006. Synthesis of Gold Nanotriangle and Silver Nanoparticles Using Aloe Vera Plant Extract. *Biotechnol*, 22: 577-583. DOI: 10.1021/bp0501423.
- Djauhariya, E., Mono R., dan Ma'mun. 2006. Karakterisasi Morfologi dan Mutu Buah Mengkudu.12(1).
- Dzimitrowicz, A., Piotr, J., George, C. D., Iwona S., Tomasz K., dan Pawel P. 2016. Preparation and Characterization of Gold Nanoparticles Prepared with Aqueous Extracts of Lamiaceae Plants and The Effect of Follow-Up Treatment with Atmospheric Pressure Glow Microdischarge. *Arabian Journal of Chemistry*., DOI:10.1016/j.arabjc.2016.04.004.
- Fatimah, E. N., dan Nurul, H. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas sebagai Material Pendukung Aktivitas Tabir Surya Turunan Sinamat. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa*.

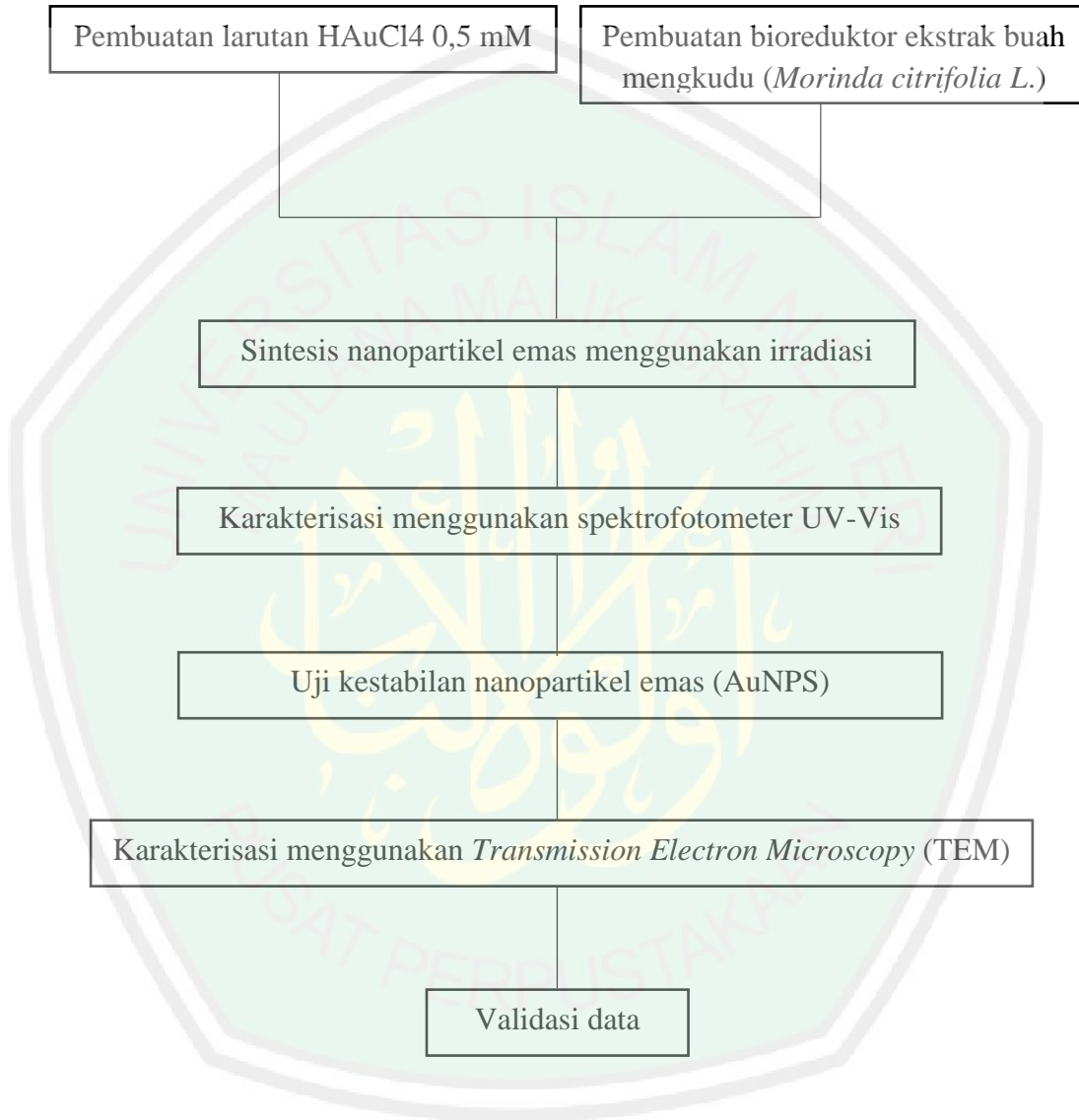
- Fikri, H. K., 2015. Potensi Nanopartikel Emas (AuNPS) sebagai Agen Toksisitas, *Drug Delivery*, dan *Targeting Therapy* dalam Tatalaksana Karsinoma Prostat. Universitas Malikussaleh.
- Harjadi. 1990. *Ilmu Kimia Analisis Dasar*. Jakarta: Erlangga.
- Hasany, S. F., Ahmed, I., Rajan J., dan Rehman, A. 2012. Systematic Review of The Preparation Techniques of Iron Oxide Magnetic Nanoparticles. *Nanoscience and Nanotechnology*, 2(6):148-158. *International Nano Letters*, 2(18): 1-9.
- Iravani, S., H. Korbekandi, S.V. Mirmohammadi dan B. Zolfaghari. 2013. Synthesis of Silver Nanoparticles: Chemical, Physical and Biological Methods. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 9(6): 385-406.
- Jain, A. K. 2011. an Overview of Microwave Assisted Technique: Green Synthesis. *journal.wmc*, 2046-1690.
- Karlík, M., 2001. Lattice Imaging in Transmission Electron Microscopy. *Materials Structure*, 8(1).
- Kas, R. O., dan Birer. 2012. Sonochemical Shape Control of Chopper Hydroxysulfate. *Journal of Ultrasound and Sonochemistry*. (19) : 692-700.
- Kaushik, N., Thakkar, M. S., Snehit S., Mhatre, M. S., Rasesh Y., dan Parikh, M. S. 2010. Biological Synthesis of Metallic Nanoparticles. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 6: 257–262.
- Khalil, M., Ismail, H. E., dan El, M. 2012. Biosynthesis of Au Nanoparticles Using Olive Leaf Extract. *Arabian Journal of Chemistry*, 5: 431–437.
- Khursed, A., Sourabh, D., Quaiser, S., Abdul A., Al-Khedhairy, dan Javed, M. 2015. Microwave Accelerated Green Synthesis of Stable Silver Nanoparticles with Eucalyptus globulus Leaf Extract and Their Antibacterial and Antibiofilm Activity on Clinical Isolates. *Journal.pone*.
- Krishnaiah, D., Awang, B., Rosalam, S., dan Anisuzzaman, S.M. 2013. Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of An Isolated Morinda Citrifolia L. Methanolic Extract from Poly-Ethersulphone (PES) Membrane Separator. *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*.
- Kuppusamy, Palaniselvam, Mashitah M. Yusoff, dan Natanamurugaraj Govindan. 2014. Biosynthesis of metallic nanoparticles using plant derivatives and their new avenues in pharmacological applications - An updated report. *Audi Pharmaceutical Journal*.
- Lembang, M. S., Maming, dan M. Zakir. 2014. Sintesis Nanopartikel Emas dengan Metode Reduksi Menggunakan Bioreduktor Daun Ketapang (*Terminalia Catappa*). *Skripsi (Tidak Diterbitkan)*. Program Studi Kimia FMIPA: Universitas Hasanuddin.

- Li, L., Fan, M., Brown, R. C., Koziel, J. A., Van, L., dan J. Hans. 2009. Production of A New Wastewater Treatment Coagulant from Fly Ash with Concomitant Flue Gas Scrubbing. *Journal of hazardous Materials*, 162: 1430-1437.
- Mostafa, M.H.K., Eman, H.I., dan Fatma, E. 2010. Biosynthesis of Au nanoparticles using olive leaf extract. *Arabian Journal of Chemistry*, 5: 431-437.
- Musfiroh, E., dan Sri, H.S. 2012. Uji Aktivitas Peredaman Radikal Bebas Nanopartikel Emas dengan Berbagai Konsentrasi sebagai Material Antiaging dalam Kosmetik. *UNESA Journal Of Chemistry*, 1(2).
- Mustafa, D.E., Elhag, S.A.A., dan Zhang, A. 2016. Sonogashira Coupling Reaction Catalyzed by Gold Nanocatalyst Under Microwave: Effect Of Size And Shape. *Int. J. Adv. Res.* 4(10): 934-940.
- Nadagouda, M.N., T. F. Speth dan R.S. Varma. 2010. Microwave-Assisted Green Synthesis of Silver Nanostructures. *Accounts of chemical research*, 44(7): 469-47.
- Nam, J., Nayoun, W., Ho, J., Hyokyun, C., dan Sungjee, K. 2009. Ph-Induced Aggregation of Gold Nanoparticles for Photothermal Cancer Therapy. *Jacs Articles*, 131(38).
- Nayak B.S., G. N. Isitor, A. Maxwell, V., Bhogadi, dan D.D. Ramdath. 2007. Wound-Healing Activity of *Morinda Citrifolia* Fruit Juice on Diabetes-Induced Rats. *Journal Of Wound Care*, 16(2).
- Nayak, P. L., T. Muralikrishna, dan Monalisa, P. 2014. Green Synthesis of Gold Nanoparticles Using (ALOE VERA) Aqueous Extract. *World Journal of Nano Science & Technology*, 3(2): 45-51.
- Palaniselvam, K., Mashitah, M.Y., Gaanty, P.M., dan Natanamurugaraj, G. 2014. Biosynthesis of Metallic Nanoparticles Using Plant Derivatives and their New Avenues in Pharmacological Applications – An updated report. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 24: 473-484.
- Punuri, J.B., P. Sharma, S. Sibyala, R. Tamuli dan U. Bora. 2012. *Piper betle*-Mediated Green Synthesis of Biocompatible Gold Nanoparticles. *International Nano Letters*.
- Ratul, K.D., Bibhuti, B.B., dan Utpal, B. 2010. Green Synthesis of Gold Nanoparticles Using Ethanolic Leaf Extract of *Centella Asiatica*. *Materials Letters*, 64: 1445-1447.
- Respati, S.M.B., 2008. Macam-Macam Mikroskop dan Cara Penggunaan. 4(2).
- Rohman, A., Sugeng, R., dan Nurul, K.H. 2007. Aktivitas Antioksidan, Kandungan Fenolik Total, dan Flavonoid Total Daun Mengkudu (*Morinda Citrifolia* L). *AGRITECH*, 27(4).

- Saf-ur, R.M., Nauman, A., dan Anwarul, H.G. 2010. Studies on Antidyslipidemic Effects of *Morinda Citrifolia* (Noni) Fruit, Leaves and Root Extracts. (online)(<http://www.lipidworld.com/content/9/1/88>), diakses 30 April 2018
- Sastrohamidjojo, H., 1990. *Spektroskopi*. Yogyakarta: Liberty.
- Sekarsari, Rhesma, A., dan Titik, T. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Nanogold dengan Variasi Konsentrasi HAuCl_4 sebagai Material Antiaging dalam Kosmetik.
- Shantokumar, J., S Rajeshkumar, dan S Venkat Kumar. 2017. Phyto-Assisted Synthesis, Characterization and Applications of Gold Nanoparticles. *Biochemistry and Biophysics Reports*.
- Shib, S. D. and Braja, G.B. 2012. Synthesis of Gold Nanoparticles Using Renewable *Punica Granatum* Juice and Study of Its Catalytic Activity. *original article*.
- Shihab, M.Q. 2002. Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al Qur'an. Vol 5. Jakarta: Lentera Hati.
- Sovawi, A.C., Harjono, dan Samuel, B.W.K. 2016. Sintesis Nanopartikel Emas dengan Bioreduktor Ekstrak Buah Jambu biji Merah (*Psidium Guajava* L.). *Indo. J. Chem. Sci*, 5(3).
- Suman, T.Y., S.R. Radhika Rajasree, R. Ramkumar, dan C. Rajthilak, P. Perumal. 2014. The Green Synthesis of Gold Nanoparticles Using An Aqueous Root Extract of *Morinda Citrifolia* L. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 118: 11–16.
- Surati, M. A., S. Jauhari, dan K. R. Desai. 2012. A Brief Review: Microwave Assisted Organic Reaction. *Scholars Research Library Archives of Applied Science Research*, 4(1): 645-661.
- Yezhelyev, Maksym V., Xiaohu Gao, Yun Xing, Ahmad Al-Hajj, Shuming Nie dan Ruth M O'Regan. 2006. Emerging Use of Nanoparticles in Diagnosis and Treatment of Breast Cancer. *Lancet Oncol. Vol. 7*.
- Zin, Z.M., Abdul, H., dan Osman. 2002. Antioxidative Activity of Extracts from Mengkudu (*Morinda Citrifolia* L.) Root, Fruit and Leaf. *Food Chemistry*, 78: 227–231.

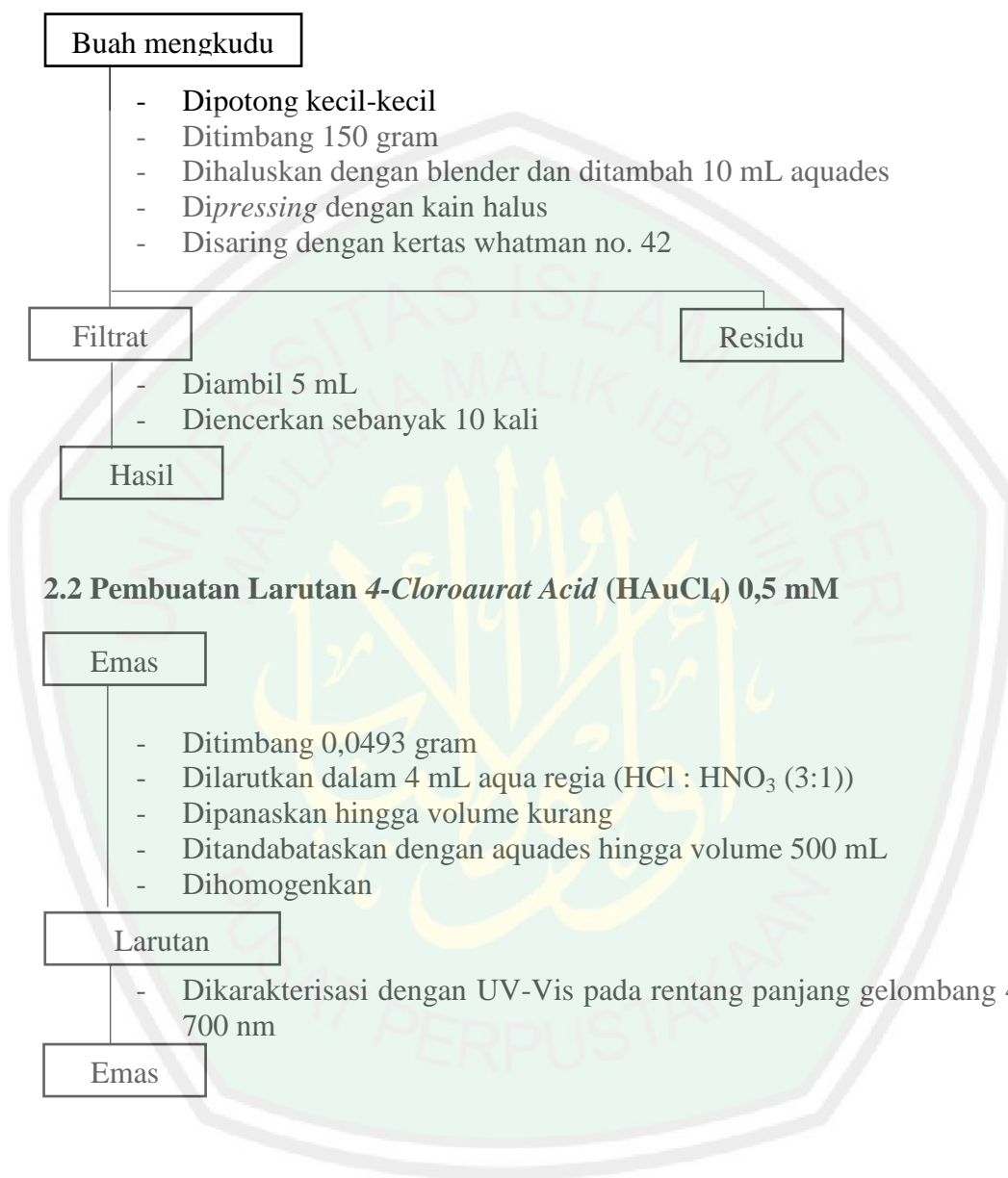
LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja

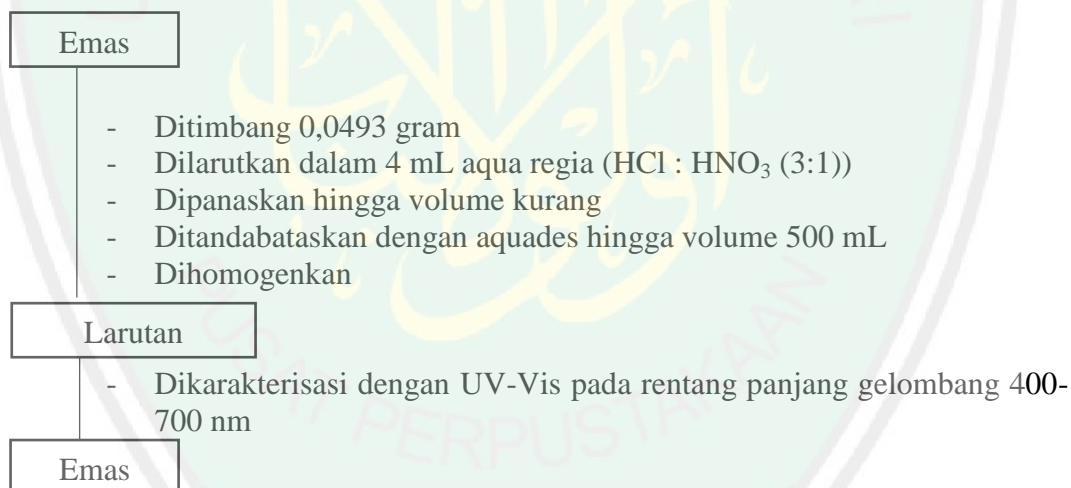


Lampiran 2. Diagram Alir

2.1 Preparasi Bioreduktor Ekstrak Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*)



2.2 Pembuatan Larutan 4-Cloroaurat Acid (HAuCl₄) 0,5 mM



2.3 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Daya Menggunakan *Irradiasi Microwave*

HAuCl₄ 0,5

- Dimasukkan larutan HAuCl₄ 0,5 mM sebanyak 5 ml ke dalam gelas beker 50 ml
- Ditambahkan 0,9 mL bioreduktor buah mengkudu
- Ditambah 0,3 mL aquades
- Disintesis nanopartikel emas menggunakan *irradiasi microwave* selama 120 detik dengan daya 20 watt
- Dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali
- Diulangi prosedur tersebut dengan variasi daya microwave 40, 60, 80, dan 100 watt
- Dikarakterisasi dengan Spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm

Hasil

2.4 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Waktu Pemanasan Menggunakan *Irradiasi Microwave*

HAuCl₄ 0,5

- Dimasukkan larutan HAuCl₄ 0,5 mM sebanyak 5 mL ke dalam gelas beker 50 mL
- Ditambahkan bioreduktor buah mengkudu sebanyak 0,9 mL
- Ditambah 0,3 mL aquades
- Disintesis nanopartikel emas menggunakan *irradiasi microwave* selama 30 detik pada daya *microwave* 60 watt
- Dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali
- Diulangi prosedur tersebut dengan waktu pemanasan 60, 120, dan 180 detik
- Dikarakterisasi dengan Spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm

Emas

2.5 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Volume Bioreduktor Menggunakan *Irradiasi Microwave*

HAuCl₄ 0,5

- Dimasukkan larutan HAuCl₄ 0,5 mM sebanyak 5 mL ke dalam gelas beker 50 mL
- Ditambahkan bioreduktor buah mengkudu sebanyak 0,15 mL
- Ditambah 1,05 mL aquades
- Disintesis nanopartikel emas menggunakan *irradiasi microwave* selama 60 detik pada daya *microwave* 60 watt
- Dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali
- Diulangi prosedur tersebut dengan volume bioreduktor 0,3; 0,6; 0,9; dan 1,2 mL
- Dikarakterisasi dengan Spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm

Emas

2.6 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan Spektrofotometer UV-Vis Terhadap Pengaruh Waktu Kontak

Nanopartikel Emas

- Dilakukan pengamatan pada hari ke- 0, ke- 1, ke- 3, ke- 5 dan ke- 7 dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-700 nm
- Dikarakterisasi dengan *Transmission Electron Microscopy* (TEM)

Hasil

Lampiran 3. Perhitungan

3.1. Penentuan dan Pembuatan Larutan H_{AuCl}₄

Mencari H_{AuCl}₄

Mr H_{AuCl}₄ = 339,96 gr/mol

$$M = \frac{\text{gram}}{\text{Mr}} \times \frac{1000}{\text{Volume}}$$

$$0,5 \times 10^{-3} \text{ M} = \frac{\text{massa HAuCl}_4}{339,96 \text{ gr/mol}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{500 \text{ mL}}$$

$$0,5 \times 10^{-3} \text{ M} = \frac{\text{massa HAuCl}_4}{339,96 \text{ gr/mol}} \times 2 \text{ mL}$$

$$\text{Massa HAuCl}_4 = \frac{0,005 \text{ M} \times 339,96 \text{ gr/mol}}{2 \text{ mL}}$$

Massa H_{AuCl}₄ = 0,08499 gram

Mencari massa Au dalam larutan H_{AuCl}₄

$$\begin{aligned} \text{Massa Au} &= \frac{\text{Ar Au}}{\text{Mr HAuCl}_4} \times \text{massa HAuCl}_4 \\ &= \frac{196,96 \text{ gr/mol}}{339,96 \text{ gr/mol}} \times 0,08499 \text{ gram} \\ &= 0,57983 \times 0,08499 \text{ gram} \end{aligned}$$

Massa Au = 0,0493 gram

3.2. Perhitungan Nilai Absorbansi

$$\text{Absorbansi} = \text{Abs. instrumen} \times \frac{\text{volume akhir}}{\text{volume awal}}$$

3.3. Variasi Daya Microwave

	Daya (watt)	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi	Volume Akhir (mL)	Volume Awal (mL)	Absorbansi Akhir
1	20	0	0	6,2	6,2	0
	40	550	0,265	6,1	6,2	0,261
	60	543	0,409	5,2	6,2	0,343
	80	543	0,478	3,6	6,2	0,277
	100	543	0,56	3,2	6,2	0,289
2	20	0	0	6,2	6,2	0
	40	541	0,375	5,8	6,2	0,351
	60	543	0,444	4,9	6,2	0,351
	80	543	0,494	3,4	6,2	0,271
	100	543	0,542	3,4	6,2	0,297
3	20	0	0	6,2	6,2	0
	40	543	0,33	6	6,2	0,319
	60	543	0,324	5,6	6,2	0,293
	80	543	0,457	3,4	6,2	0,251
	100	543	0,472	3,4	6,2	0,259

3.4. Variasi Waktu Pemanasan

	Waktu Pemanasan (detik)	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi	Volume Akhir (mL)	Volume Awal (mL)	Absorbansi Akhir
1	30	502,1	0,173	6,2	6,2	0,173
	60	559	0,275	5,2	6,2	0,231
	120	560	0,294	4	6,2	0,190
	180	576	0,32	1,8	6,2	0,093
2	30	761	0,067	6,2	6,2	0,067
	60	551	0,229	6	6,2	0,222
	120	567	0,285	4,5	6,2	0,207
	180	564	0,255	4,5	6,2	0,185
3	30	564	0,158	6,1	6,2	0,155
	60	551	0,309	5,3	6,2	0,264
	120	561	0,282	4,5	6,2	0,205
	180	567	0,262	3,5	6,2	0,148

3.5. Variasi Volume Bioreduktor

	Volume (mL)	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi	Volume Akhir (mL)	Volume Awal (mL)	Absorbansi Akhir
1	0,15	569	0,068	6	6,2	0,066
	0,3	569	0,148	6	6,2	0,143
	0,6	570	0,238	6	6,2	0,230
	0,9	563	0,325	5,9	6,2	0,309
	1,2	555,9	0,363	5,9	6,2	0,345
2	0,15	570	0,084	6	6,2	0,081
	0,3	580	0,202	5,9	6,2	0,192
	0,6	568,1	0,282	5,9	6,2	0,268
	0,9	566	0,289	5,9	6,2	0,275
	1,2	560,6	0,324	5,9	6,2	0,308
3	0,15	569	0,085	6	6,2	0,082
	0,3	570	0,173	6	6,2	0,167
	0,6	570	0,248	5,9	6,2	0,236
	0,9	563	0,321	5,9	6,2	0,305
	1,2	552,1	0,35	6	6,2	0,339

3.6.% Dispersitas

$$\% \text{ Dispersitas} = \frac{\sigma}{xc} \times 100\%$$

Keterangan:

σ : standart deviasi

xc : rata-rata partikel

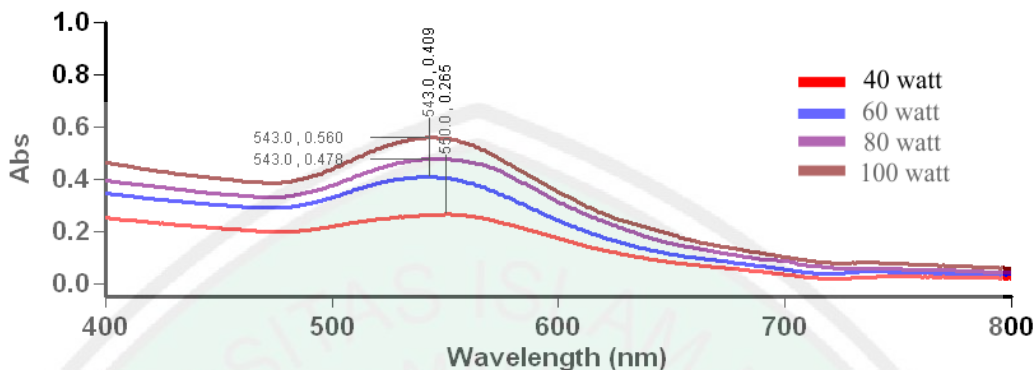
$$\% \text{ Dispersitas} = \frac{0,4787}{22,5} \times 100\%$$

$$\% \text{ Dispersitas} = 2,127\%$$

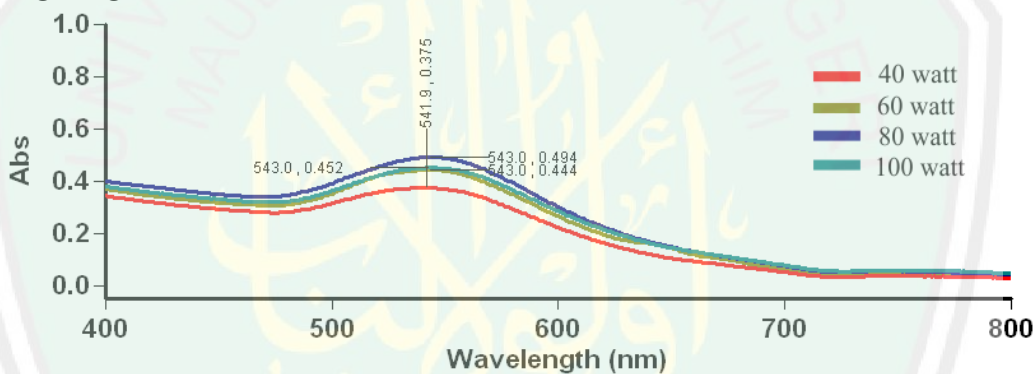
Lampiran 4. Spektra UV-Vis

4.1 Variasi Daya

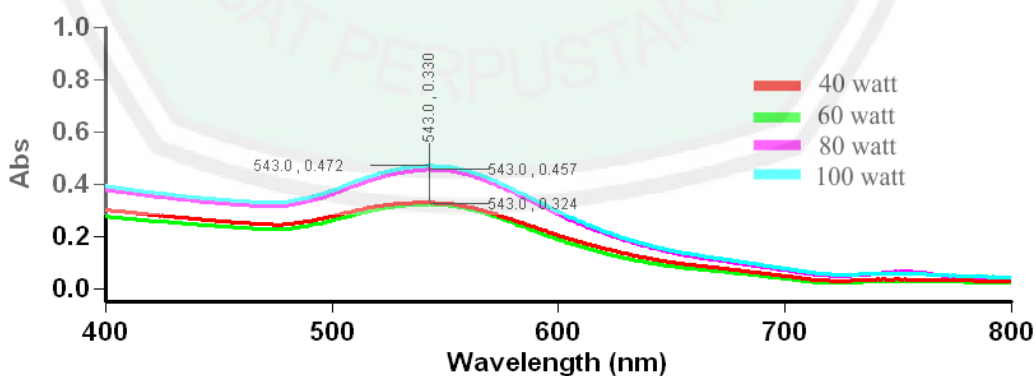
Pengulangan 1



Pengulangan 2

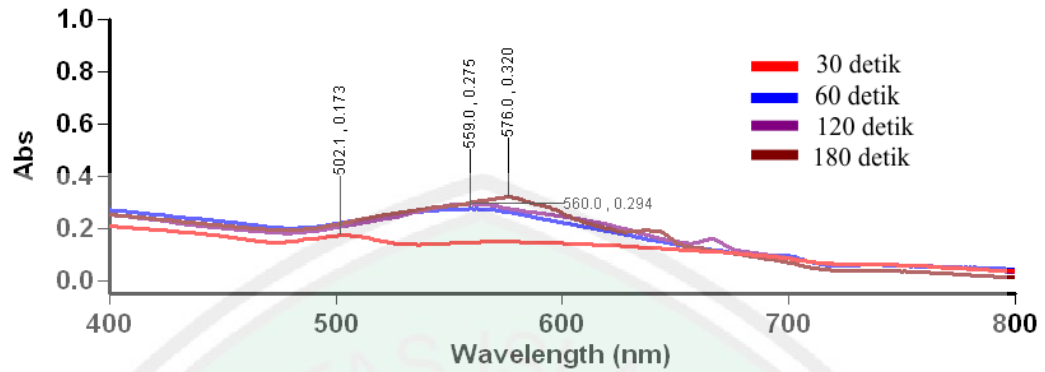


Pengulangan 3

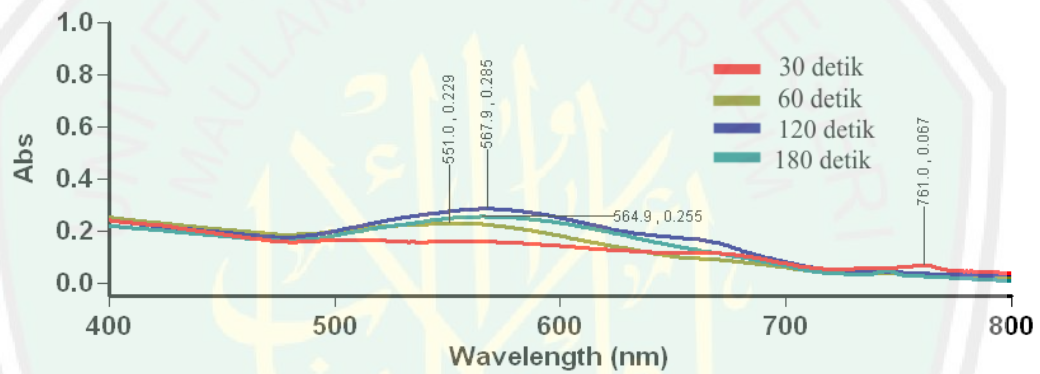


4.2 Variasi Waktu Pemanasan

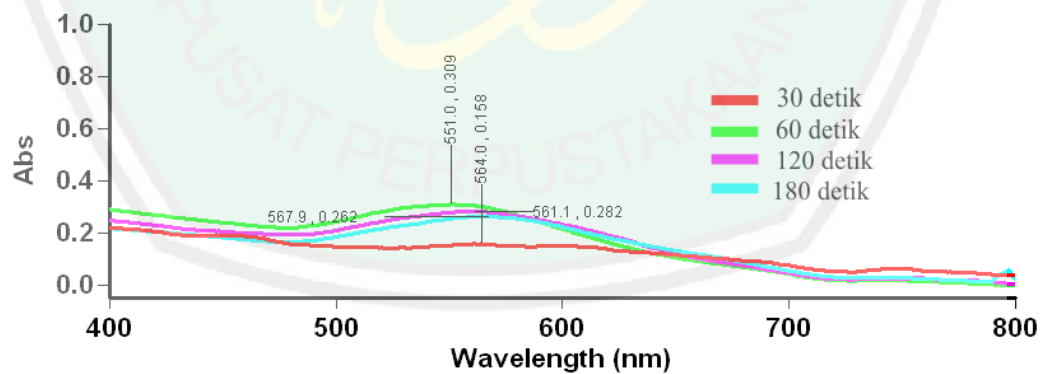
Pengulangan 1



Pengulangan 2

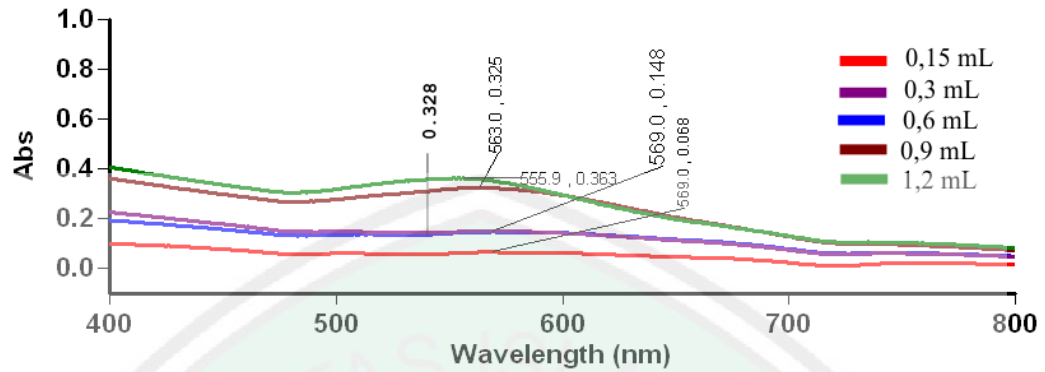


Pengulangan 3

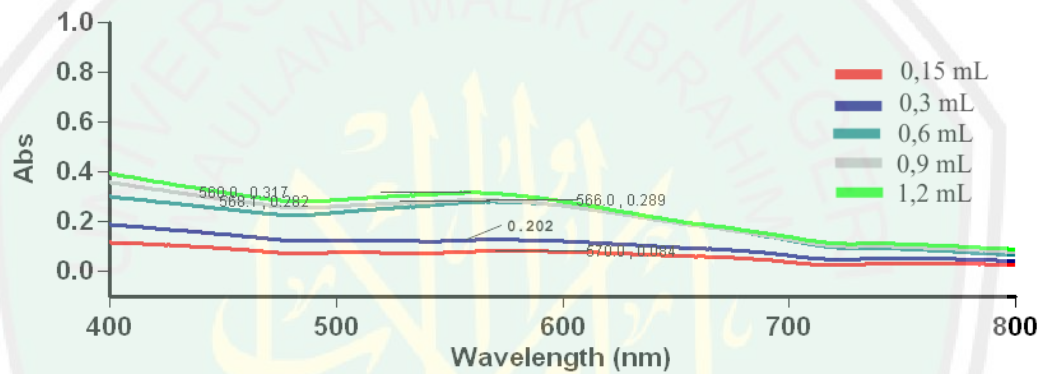


4.3 Variasi Volume Bioreduktor

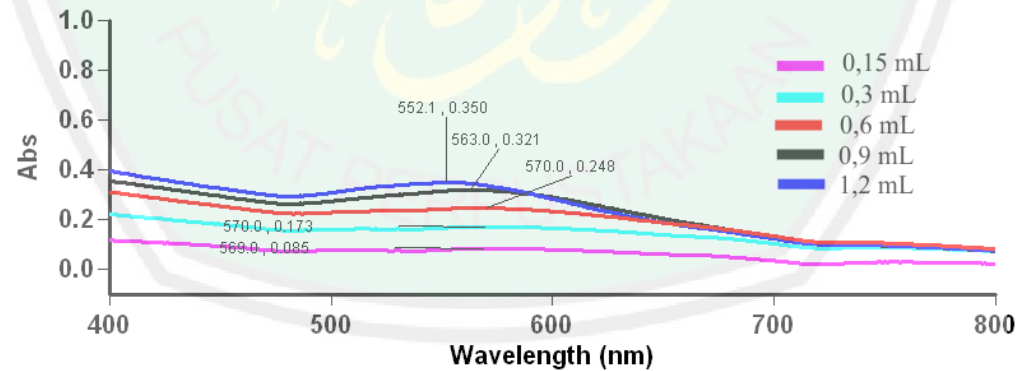
Pengulangan 1



Pengulangan 2

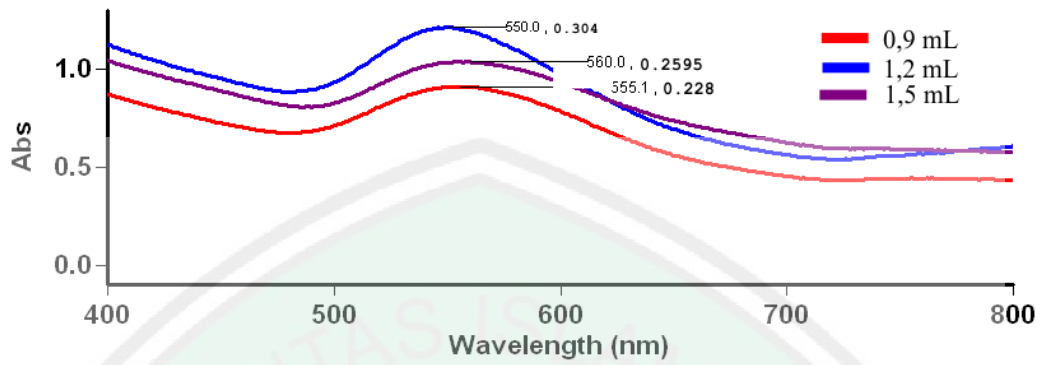


Pengulangan 3

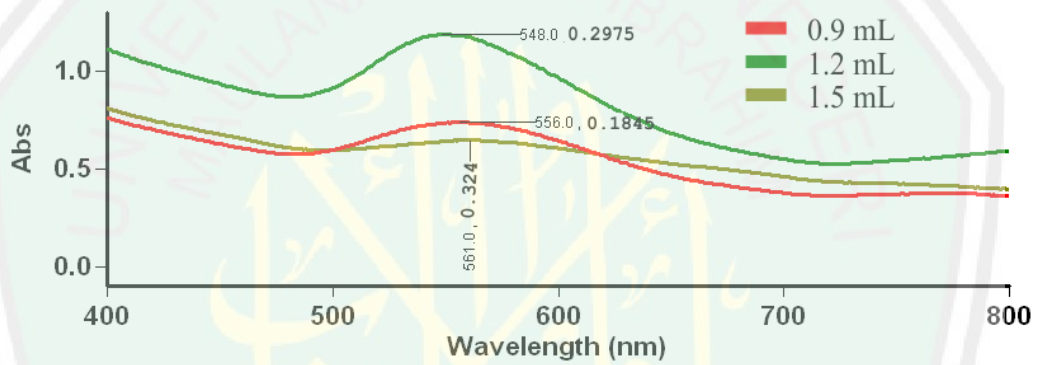


4.4 Variasi Volume 0,9-1,5

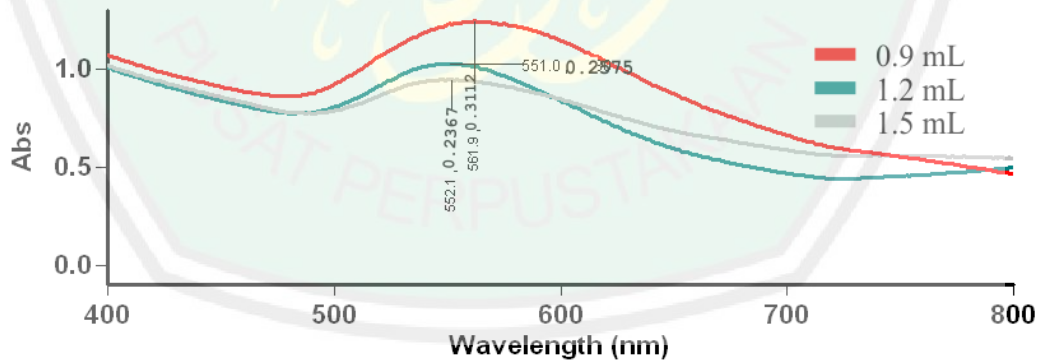
Pengulangan 1



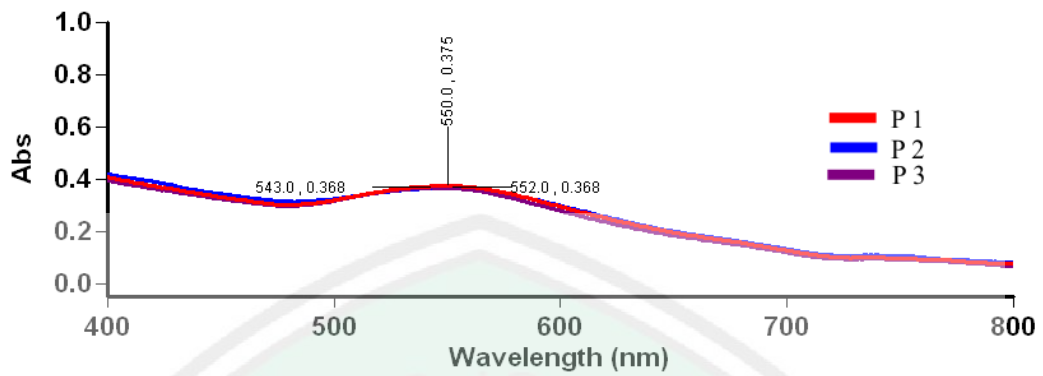
Pengulangan 2



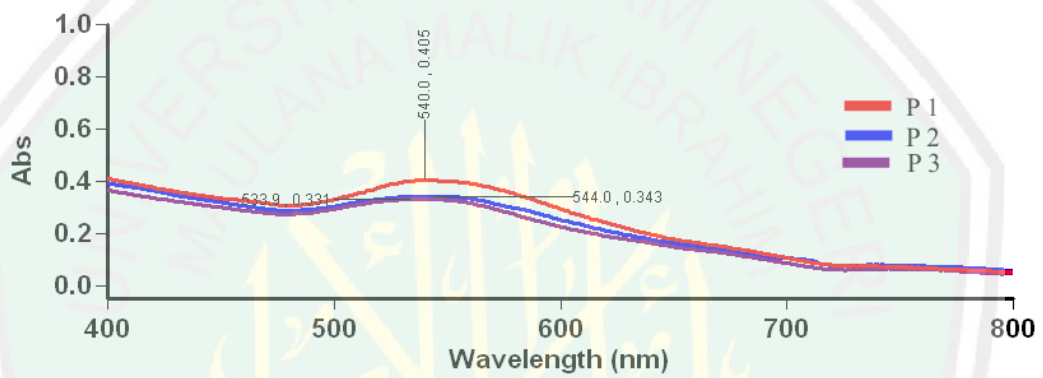
Pengulangan 3



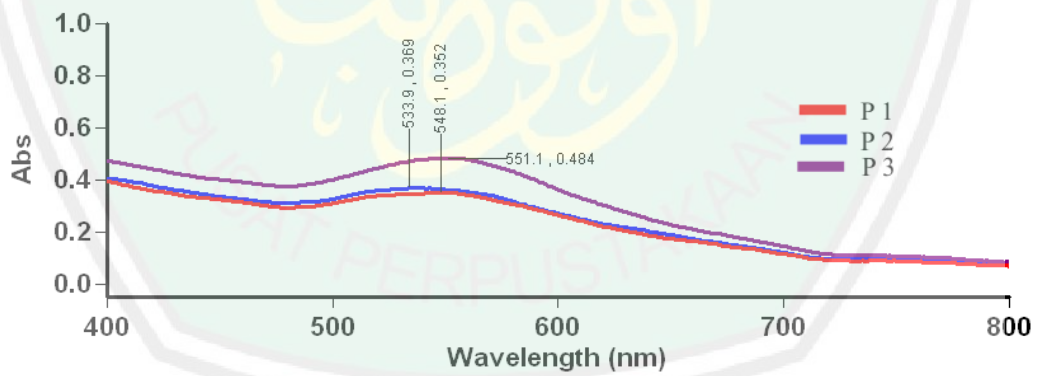
4.5 Hari Ke-1



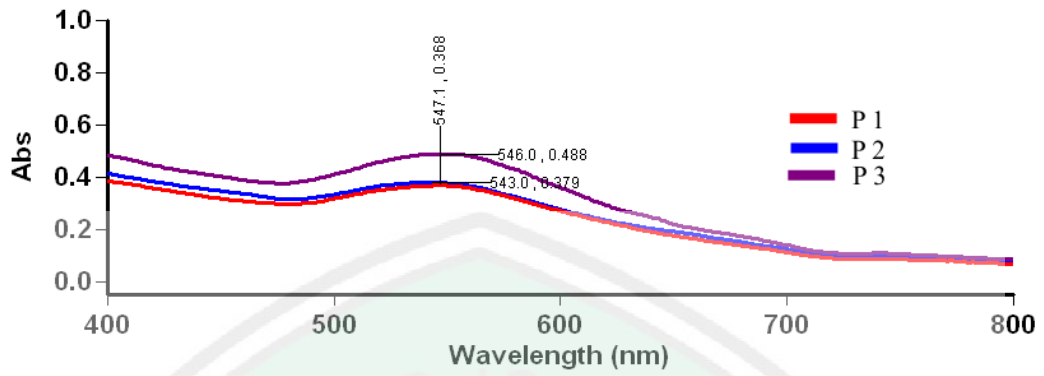
4.6 Hari Ke-3



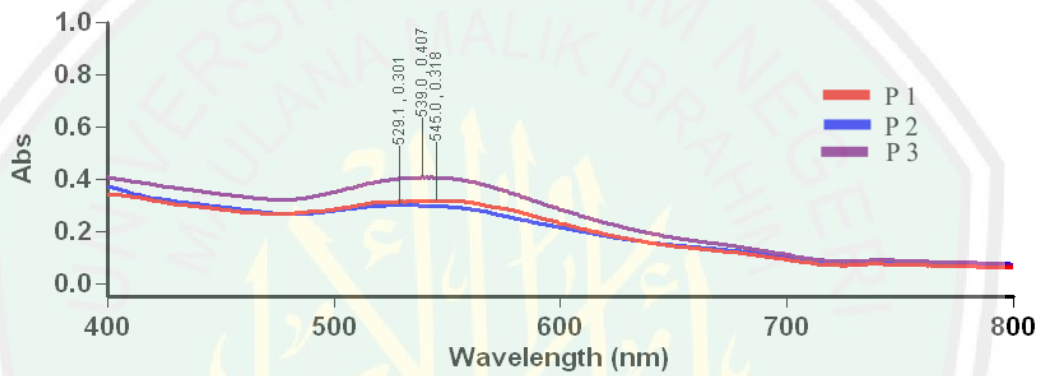
4.7 Hari Ke-5



4.8 Hari Ke-7

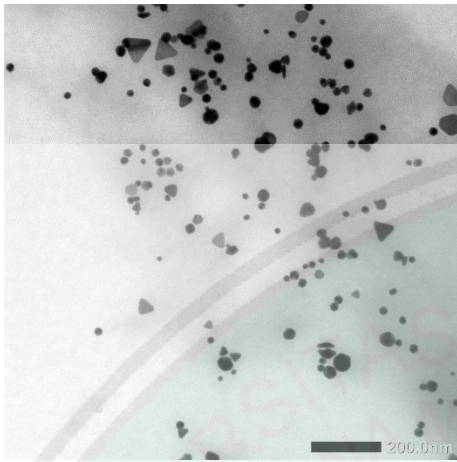


4.9 Hari Ke-14

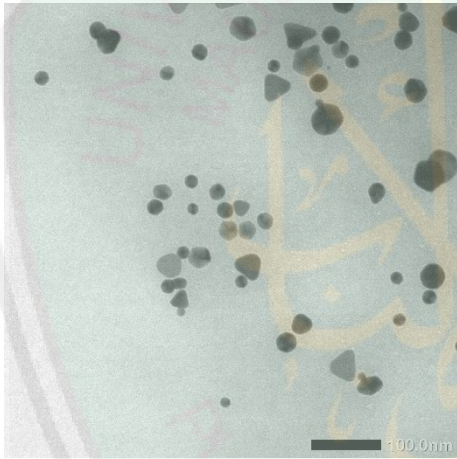


Lampiran 5. Hasil TEM

5.1 Perbesaran 20000×



5.2 Perbesaran 40000×



5.3 Perbesaran 200000×

