

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR  
EKSTRAK DAUN KETAPANG (*Terminalia catappa*) DENGAN IRRADIASI  
MICROWAVE**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**DIFAH EVA RAHMA**  
NIM. 14630073



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

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR  
EKSTRAK DAUN KETAPANG (*Terminalia catappa*) DENGAN IRRADIASI  
MICROWAVE**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**DIFAH EVA RAHMA**  
NIM. 14630073

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 DAUN KETAPANG (*Terminalia catappa*) DENGAN IRRADIASI  
MICROWAVE**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**DIFAH EVA RAHMA**  
NIM. 14630073

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Tanggal: 11 Januari 2019

Pembimbing I



**Diana Candra Dewi, M.Si**  
NIP. 19779720 200312 2 001

Pembimbing II



**Rifatul Mahmudah, M.Si**  
NIDT. 19830125 201608012 068



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Kimia

  
**Elak Kurnilah Hayati, M.Si**  
NIP. 19790629 280604 2 002

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR  
EKSTRAK DAUN KETAPANG (*Terminalia catappa*) DENGAN IRRADIASI  
MICROWAVE**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**DIFAH EVA RAHMA**  
NIM. 14630073

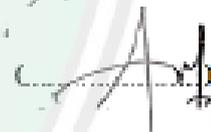
Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 14 Januari 2019

**Penguji Utama** : Akyunul Jannah, S.Si, M.P  
NIP. 19750410 200501 2 009

**Ketua Penguji** : Suci Amalia, M.Sc  
NIP. 19821104 200901 2 007

**Sekretaris Penguji** : Diana Candra Dewi, M.Si  
NIP. 19770720 200312 2 001

**Anggota Penguji** : Rifatul Mahmudah, M.Si  
NIDT. 19830125 201608012 068



**Mengesahkan,  
Ketua Jurusan**

**Elok Kamilah Hayati, M.Si**  
NIP. 19740620 200604 2 002

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Difah Eva Rahma

NIM : 14630073

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa*) dengan Irradiasi Microwave

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya 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 dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 14 Januari 2019

Yang membuat pernyataan,



Difah Eva Rahma

NIM. 14630073

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT saya akhirnya bisa menyelesaikan tugas akhir ini. Tanpa kehendak-Nya dan dukungan dari orang-orang sekitar, saya tidak dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Oleh karena itu, saya ingin mempersembahkan tulisan ini untuk:

Kedua orang tua saya, Bapak Budiono dan Ibu Musdhalifah yang selama ini telah memberikan segala bentuk dukungan mulai dari awal masuk kuliah hingga saya bisa memperoleh gelar sarjana ini. Terima kasih untuk segalanya, mungkin kiranya tulisan ini hanya sebagian kecil hal yang bisa saya persembahkan untuk kalian berdua, karena semua kebaikan kalian berdua takkan bisa terbalas dengan apapun. Semoga kalian berdua diberi kesehatan dan panjang umur, Aamiin ..

Adikku, M. Afif Faqihuddin, terima kasih telah menemani dan menghiburku di saat aku sedang galau dengan penelitian. Semoga kakakmu yang kadang-kadang lebih rewel dan gak mau ngalah ini bisa menjadi lebih dewasa dan diberi kemampuan untuk bisa menjadi contoh untukmu. Nenekku, Hj.Srianah, terima kasih telah selalu mendoakan saya disetiap sholatmu dan terima kasih untuk kebaikan yang telah engkau berikan untukku mulai dari kecil hingga saya bisa mendapat gelar sarjana ini.

Bu Diana Candra Dewi, M. Si. terima kasih telah membimbing skripsi hingga saya bias menyelesaikan tugas akhir ini. Bapak dan Ibu Dosen, terima kasih telah membimbing selama ini. Dari proses pembelajaran selama S-1 ini saya bisa lebih mengerti dan memahami ilmu kimia dengan baik. Terima kasih untuk pembelajaran agama tentang menghafalkan, menafsirkan, dan mentajwidkan QS. An-Naba' serta menghafal doa-doa sholat Sunnah hingga saya bisa lebih mengerti dan memahami ilmu agama. Kiranya semoga kebaikan Bapak dan Ibu Dosen mendapat balasan yang lebih baik dari Allah SWT, Aamiin ...

Seluruh teman-teman kimia 2014, teman-teman *Gold Nanoparticles Team* yaitu M. Wildan Hidayat dan Vika Yufrida yang telah menjadi bagian dari penelitian ku. Terutama kepada teman-teman terdekat saya yaitu Anggraini Pujasari, Elok Faiqatul Himmah, Olga Putri Solicha, Anwar Fahrudin, dan Bagus. Terima kasih untuk segalanya, semoga Allah memberikan keberkahan atas semua kerja keras yang kita lakukan. Semoga cita-cita kalian semua bisa terwujud dan kita semua sukses, Aamiin ..

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Syukur Alhamdulillah penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan hasil penulisan ini dengan judul “Sintesis Nanopartikel Emas dengan Bioreduktor Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa*) menggunakan *Irradiasi Microwave*”.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa selama berlangsungnya proses penulisan hasil penelitian ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Budiono dan Ibu Musdhalifah serta saudara penulis adik M. Afif Faqihuddin yang telah memberikan semangat penuh, doa, dan dukungan moral maupun materil sehingga penyusunan hasil penelitian dapat diselesaikan.
2. Ibu Diana Candra Dewi, M.Si dan Ibu Suci Amalia, M.Sc serta Ibu Rif'atul Mahmudah, M.Si karena atas bimbingan, pengarahan, dan kesabarannya penulisan hasil penelitian ini dapat terselesaikan.
3. Ibu Akyunul Jannah, M. Si sebagai penguji karena atas masukan dan sarannya hasil penelitian ini bisa menjadi lebih baik.
4. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Laboran dan Admin Jurusan Kimia yang membantu dalam menjalankan penelitian ini.

6. Teman-teman penulis yang telah memberi semangat, membantu, dan meluangkan waktunya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.
7. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu

Penyusun menyadari atas keterbatasan ilmu yang penyusun miliki. Penyusunan hasil penelitian ini tentu jauh dari sempurna. Untuk itu penyusun dengan senang hati mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan dalam penyusunan selanjutnya. Terlepas dari hasil kekurangan, semoga hasil penelitian ini dapat memberikan informasi dan kontribusi serta bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Malang, 14 Januari 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR ORISINALITAS</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiv</b>
ملخص البحث.....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan .....	6
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Nanopartikel Emas (Au-NPs) .....	7
2.1.1 Logam Emas (Au) .....	7
2.1.2 Sifat Nanopartikel Emas (Au-NPs).....	7
2.1.3 Pemanfaatan Nanopartikel Emas .....	8
2.2 Daun Ketapang ( <i>Terminalia catappa</i> ) .....	9
2.2.1 Morfologi dan Identifikasi Daun Ketapang .....	9
2.3 Sintesis Nanopartikel Emas.....	12
2.3.1 <i>Green Synthesis</i> Nanopartikel Emas .....	13
2.3.2 Sintesis Nanopartikel Emas dengan <i>Irradiasi Microwave</i> .....	16
2.4 Karakterisasi Nanopartikel Emas .....	18
2.4.1 Spektrofotometer UV- Vis .....	18
2.4.2 <i>Transmission Electron Microscopy</i> (TEM) .....	21
<b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	24
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	24
3.2.1 Alat-alat Penelitian.....	24
3.2.2 Bahan .....	24
3.3 Rancangan Penelitian .....	25
3.4 Tahapan Penelitian .....	26
3.5 Pelaksanaan Penelitian .....	26
3.5.1 Pemilihan dan Preparasi Sampel Bioreduktor Ekstrak Daun Ketapang .	26
3.5.2 Pembuatan dan Penentuan $\lambda$ maks Larutan H <sub>2</sub> AuCl <sub>4</sub> 0,5 mM .....	26

3.5.3 Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas.....	27
3.5.3.1 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Volume Bioreduktor Menggunakan <i>Irradiasi Microwave</i> .....	27
3.5.3.2 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Waktu Pemanasan Menggunakan <i>Irradiasi Microwave</i> .....	28
3.5.4 Karakterisasi Nanopartikel Emas .....	29
3.5.4.1 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan Spektrofotometer UV- Vis terhadap Pengaruh Waktu Kontak.....	29
3.5.4.2 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan TEM ( <i>Transmission             Electron Microscopy</i> ) .....	29
3.5.5 Analisa Data .....	29
3.5.5.1 Hubungan antara Volume Bioreduktor dan Waktu Pemanasan dengan Absorbansi .....	30
3.5.5.2 Hubungan Waktu Kontak daun Ketapang dengan Absorbansi.....	30
3.5.5.3 Analisa Hasil TEM dengan <i>Image J</i> dan <i>Origin</i> .....	31
 <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Pembuatan dan Penentuan $\lambda_{\max}$ Larutan H <sub>Au</sub> Cl <sub>4</sub> 0,5 mM.....	32
4.2 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Irradiasi Microwave .....	33
4.3 Sintesis AuNPs dengan Volume Bioreduktor terhadap Karakteristik AuNPs.....	36
4.4 Sintesis AuNPs dengan Waktu Pemanasan terhadap Karakteristik AuNPs .....	38
4.5 Kestabilan Nanopartikel Emas .....	40
4.6 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan TEM.....	42
4.7 Pemanfaatan Tumbuhan dalam Prespektif Islam.....	44
 <b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	47
5.2 Saran.....	47
 <b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagian tumbuhan ketapang (a); Daun Ketapang (b).....	10
Gambar 2.2 Perkiraan mekanisme reaksi sintesis nanopartikel emas dengan daun Ketapang ( <i>Terminalia catappa</i> ) .....	14
Gambar 2.3 Tahap pembentukan nanopartikel emas .....	15
Gambar 2.4 Perbedaan mekanisme pada metode konvensional dan <i>microwave</i> ...	17
Gambar 2.5 Variasi warna yang timbul pada sintesis nanopartikel emas.....	19
Gambar 2.6 Pengaruh ukuran nanopartikel pada spektrofotometer UV-Vis .....	20
Gambar 2.7 Spektrum serapan UV-Vis pada sintesis nanopartikel emas dengan bioreduktor ekstrak daun Ketapang.....	20
Gambar 2.8 Skema dari TEM .....	21
Gambar 2.9 TEM ( <i>Transmission Electron Microscopy</i> ).....	22
Gambar 2.10 Hasil TEM nanopartikel emas dari ekstrak daun TC pada tingkat pembesaran rendah (A) dan pembesaran yang lebih tinggi (B) .....	23
Gambar 4.1 Tahap pembentukan nanopartikel emas .....	34
Gambar 4.2 Skema reduksi, pertumbuhan, dan pembentukan nanopartikel emas.....	34
Gambar 4.3 (a) Sintesis AuNPs dengan variasi volume bioreduktor; (b) Sintesis AuNPs dengan variasi waktu pemanasan .....	35
Gambar 4.4 Grafik hubungan variasi volume bioreduktor dengan absorbansi.....	37
Gambar 4.5 Grafik hubungan waktu pemanasan dengan absorbansi .....	39
Gambar 4.6 Grafik hubungan waktu kontak (kestabilan) dengan absorbansi .....	40
Gambar 4.7 Ukuran nanopartikel hasil analisis TEM.....	43
Gambar 4.8 Plot histogram distribusi AuNPs yang sesuai (B) .....	44

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data bahan emas .....	7
Tabel 2.2 Spektrum tampak dan warna-warna komplementer .....	19
Tabel 3.1 Perbandingan volume bioreduktor dan waktu pemanasan .....	25
Tabel 3.2 Variasi volume bioreduktor pada sintesis nanopartikel emas .....	28
Tabel 3.3 Variasi waktu pemanasan pada sintesis nanopartikel emas .....	28
Tabel 4.1 Hasil uji <i>One Way Anova</i> pengaruh variasi volume bioreduktor terhadap pembentukan nanopartikel emas .....	37
Tabel 4.2 Hasil uji <i>One Way Anova</i> pengaruh variasi waktu pemanasan terhadap pembentukan nanopartikel emas .....	38
Tabel 4.3 Hasil uji <i>One Way Anova</i> kestabilan nanopartikel emas .....	41
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil warna dan ukuran nanopartikel emas .....	42



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir.....	53
Lampiran 2. Perhitungan.....	55
Lampiran 3. Data Perhitungan Variasi.....	56
Lampiran 4. Hasil SPSS <i>ONE WAY ANOVA</i> .....	59
Lampiran 5. Gambar Analisa TEM.....	68
Lampiran 6. Hasil Origin Analisa TEM pada skala 50 nm.....	69



## ABSTRAK

Difah Eva Rahma. 2019. **Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa*) dengan Irradiasi Microwave** Pembimbing 1: Diana Candra Dewi, M.Si Pembimbing 2: Rif'atul Mahmudah, M.Si Konsultan: Suci Amalia, M.Sc.

---

Kata kunci: *AuNPs*, *Terminalia catappa*, *Irradiasi Microwave*, *spektrofotometer UV-Vis*, *TEM*

Nanopartikel emas mempunyai kelebihan yang menonjol dibandingkan emas dalam bentuk ruahnya. Nanopartikel merupakan dispersi partikulat dengan ukuran 1-100 nm. Nanopartikel emas yang disintesis dilakukan dengan cara mereduksi ion logam  $Au^{3+}$  menjadi  $Au^{0+}$ . Sintesis nanopartikel emas dapat dilakukan dengan metode fisika dan kimia. Namun, salah satu metode yang banyak digunakan dan tidak menyebabkan kehadiran spesies kimia beracun serta tidak memberikan efek samping yaitu *green synthesis*. *Green synthesis* merupakan metode yang berbasis tumbuhan sebagai bioreduktor. Bioreduktor berfungsi sebagai agen pereduksi dan agen penstabil dalam pembentukan AuNPs.

Penelitian ini dilakukan sintesis AuNPs dengan metode *green synthesis* menggunakan ekstrak daun Ketapang. Ekstrak daun Ketapang disintesis dengan larutan  $H AuCl_4$  menggunakan bantuan pemanasan *irradiasi microwave*. Dilakukan variasi volume bioreduktor (0,15; 0,3; 0,6; 0,9; dan 1,2 mL) dan waktu pemanasan (30, 90, 150, 210, dan 300 detik). Variasi volume bioreduktor dan waktu pemanasan yang optimum akan dilanjutkan ke uji lama waktu kestabilan. Identifikasi ukuran dan morfologi AuNPs dilakukan dengan *Transmission Electron Microscopy (TEM)*.

Hasil penelitian menunjukkan volume bioreduktor dan waktu pemanasan yang optimum masing-masing yaitu 1,2 mL dan 150 detik. Nanopartikel emas hasil sintesis stabil sampai hari ke-14. Hasil TEM menunjukkan morfologi yang dominan bulat pada ukuran rata-rata sebesar 13 nm dengan polidispersity sebesar 1,12%.

## ABSTRACT

Difah Eva Rahma. 2019. **Synthesis of Gold Nanoparticles using Bioreductors Extract of Ketapang Leaf (*Terminalia Catappa*) with Microwave Irradiation.** Supervisor I: Diana Candra Dewi, M. Si Supervisor 2: Rif'atul Mahmudah, M. Si Consultant: Suci Amalia, M.Sc.

---

Keyword: AuNPs, *Terminalia catappa*, Microwave Irradiation, UV-Vis spectrophotometer, TEM

Gold nanoparticles have a prominent advantage over gold in their original form. Nanoparticles are particulate dispersions with a size of 1-100 nm. The gold nanoparticles synthesized were carried out by reducing  $\text{Au}^{3+}$  metal ions to  $\text{Au}^{0+}$ . The synthesis of gold nanoparticles can be physical and chemical methods. However, one method that is widely used and does not cause the presence of toxic chemical species and does not provide side effects namely green synthesis. Green synthesis is a plant-based method as a bioreductors. Bioreductors function as reducing agents and capping agent in the formation of AuNPs.

This study synthesized AuNPs using the green synthesis method using extract of Ketapang leaf. Extract of Ketapang leaf was synthesized with  $\text{HAuCl}_4$  solution using heating with the *microwave irradiation*. Variations bioreductor volume (0.15; 0.3; 0.6; 0.9; and 1.2 mL) and heating time (30, 90, 150, 210, and 300 seconds) were carried out. The variation of bioreductor volume and optimum heating time will be continued to the stability test. Identification of the size and morphology of AuNPs used *Transmission Electron Microscopy* (TEM).

The results showed that the optimum bioreductor volume and heating times are 1.2 mL and 150 seconds. Gold synthesis nanoparticles which are stable until the 14<sup>th</sup> day. The result of TEM indicated the dominant morphology is spherical and average size 13 nm with a polydispersity of 1.12%.

## ملخص البحث

دفة ايغا رحمة. 2019. التوليف النانوية الذهبية باستخدام الاحتزال الحيوي (Bioreduktor) استخراج الأوراق كيتوبانغ (*Terminalia catappa*) بغير إشعاع الميكروويف (Irradiasi Microwave). المشرفة الاولى: ديانا جنديرا ديوي، الماجستير، ورفعة المحمودة، الماجستير، وسوجي أمليا، الماجستير

الكلمات الرئيسية: AuNPs ، *Terminalia catappa*، غير إشعاع الميكروويف، الطيف الضوئي للأشعة فوق البنفسجية، TEM

النانوية الذهبية لها ميزة بارزة المقارنة بالذهب في شكلها السائبة. النانوية هي تشتت الجسيمات مع حجم 1-100 نانومتر. النانوية الذهبية هي من خلال تقليل أيونات المعادن  $Au^{3+}$  إلى  $Au^{0+}$ . يصنع التوليف النانوية الذهبية بالطرق الفيزيائية والكيميائية. ومع ذلك، هناك واحدة من الطرائق التي تستخدم ولا تسبب وجود أنواع كيميائية سامة ولا تقدم آثارا جانبية هي التوليف الأخضر (*green synthesis*). التوليف الأخضر هو طريقة التي تعتمد على النبات كاحتزال الحيوي. يعمل الاحتزال الحيوية كعوامل احتزال وعوامل استقرار في تشكيل AuNPs

هذا البحث هو بتوليف AuNPs باستخدام طريقة التوليف الأخضر وباستخدام استخراج أوراق كيتوبانغ وتصنيع استخراج أوراق كيتوبانغ مع محلول  $HAuCl_4$  باستخدام تسخين غير إشعاع الميكروويف. تم تنفيذ تغيرات حجم الاحتزال الحيوي (0.15؛ 0.3؛ 0.6؛ 0.9؛ و 1.2 مل) ووقت التسخين (30، 90، 150، 210، 300 ثانية). سوف يستمر التغير في حجم الاحتزال الحيوي ووقت التسخين الأمثل إلى اختبار الوقت الطويل الثبات. تم تحديد الحجم ومورفولوجية AuNPs هما بالمجهر الإلكتروني الانتقال (*TEM*) (*Transmission Electron Microscopy*)

دلت النتائج البحث للحجم الاحتزال الحيوي التي تؤثر الأمثل و وقت التسخين الأمثل هي 1.2 مل و 150 دقائق. النانوية الذهبية نتائج التوليف ثابتة حتى اليوم الرابع عشر. تظهر نتائج TEM مورفولوجيا مهيمنة جولة في حجم متوسط فهي 13 نانومت بالتشتت المتعدد الناتجة هو 1.12%.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Allah SWT menciptakan segala sesuatunya dengan hikmah seperti yang dijelaskan dalam QS. Shad (38) 27:

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَطْلًا ذَلِكُمْ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ ﴿٢٧﴾

Artinya: “dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah. Yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir, Maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka” (QS. Shad:27).

Menurut tafsir Al-Mishbah, ayat ini merupakan petunjuk bagi Allah kepada manusia bahwa langit, bumi dan apa yang ada diantara keduanya seperti udara, tanah, logam, dan lain sebagainya tidak ada penciptaan yang sia-sia tanpa hikmah. Pernyataan itu hanya anggapan orang kafir belaka (Shihab, 2002). Melalui ayat ini dijelaskan bahwa Allah tidak menciptakan makhluk-Nya dengan sia-sia. Akan tetapi Dia menciptakan mereka untuk beribadah kepada-Nya dan mengesakan-Nya (Abdullah, 1994). Salah satu caranya adalah dengan selalu berfikir dan mengeksplorasikan segala ciptaan Allah. Sehingga, sudah tugas kita untuk mencari sesuatu yang dapat dimanfaatkan guna memenuhi kebutuhan hidup manusia.

Nanoteknologi merupakan cabang ilmu yang berkembang sangat cepat dan merupakan inovasi teknologi yang menarik dibidang produksi, ukuran dan bentuk. Nanopartikel merupakan bagian dari nanoteknologi yang sangat populer dan

semakin pesat perkembangannya sejak awal tahun 2000. Hal ini disebabkan oleh manfaat dan aplikasi nanopartikel yang sangat luas bagi kehidupan manusia (Tsuzuki, 2009).

Pemanfaatan nanopartikel emas telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti sensor, katalis, optik, dan elektronik (Babayi, 2004), bidang kedokteran seperti *drug delivery* (Rohiman, dkk., 2014), pengembangan strategi antibakteri (Cui, dkk., 2012), deteksi DNA (Kumar, dkk., 2011), antikanker dan anti mikroba (Balalakshmi, dkk., 2017). Pengaruh ukuran mikropartikel dengan nanopartikel mempunyai fungsi yang berbeda yaitu 1 mikropartikel sama dengan 1000 nm. Oleh karena itu, jika dalam bentuk mikropartikel atom-atom emas akan mengalami penumpukan atom sehingga masing-masing atom tidak dapat melakukan fungsinya dengan maksimal. Disinilah berperan ilmu nanomaterial untuk mensintesis emas menjadi bentuk nanopartikel (Amirudin dan Taufik, 2013).

Nanopartikel emas (AuNPs) mempunyai kelebihan yang menonjol dibandingkan emas dalam bentuk ruahnya, yaitu mempunyai sifat optik dan elektronik dengan toksisitas yang rendah (Chang-Cheng, dkk., 2008), tahan terhadap oksidasi, korosi, dan emas yang tertanam dalam tubuh tidak memberikan efek merugikan karena cenderung tereduksi dalam jangka waktu lama (Fatimah dan Hidajati, 2012).

Beberapa teknik penelitian tersedia untuk sintesis nanopartikel logam, baik metode kimia maupun metode fisika. Namun, pada metode sintesis fisika memerlukan energi yang tinggi dalam proses sintesis. Bahan kimia dapat menyebabkan kehadiran spesies kimia beracun yang dapat memberikan efek samping terhadap aplikasi biologis (Thakkar, 2010). Oleh karena itu, berbagai

metode yang telah dikembangkan para ahli bermunculan yang dinamakan *green nanotechnology* berbasis tumbuhan sebagai bioreduktor untuk sintesis nanopartikel emas (Sang, dkk., 2002).

Penggunaan senyawa organik tumbuhan untuk sintesis nanopartikel dikenal sebagai biosintesis dan merupakan metode yang ramah lingkungan, lebih sederhana (Rahayu, 2009), cukup melimpah, dan mudah didapatkan. Sebagai contoh, sintesis nanopartikel emas telah dilakukan sebelumnya oleh Song, dkk (2009) dengan ekstrak daun *Magnolia Kobus* dan *Dipyros kaki* sebagai pereduksi. Sovawi, dkk (2016) melakukan sintesis emas dengan buah *Psidium guajava L.* menggunakan pemanasan *microwave*. Namun disisi lain, nanopartikel juga memiliki kesulitan dalam menghasilkan partikel emas dengan kualitas nano yang baik karena ukurannya yang sangat kecil. Cara untuk mengatasi kesulitan inilah diperlukan *capping agent* seperti polimer, agar nanopartikel lebih stabil dengan mencegah terbentuknya aglomerasi koloid nanopartikel emas.

Penelitian ini dilakukan biosintesis nanopartikel emas menggunakan ekstrak daun Ketapang (*Terminalia catappa*) yang selama ini belum pernah digunakan sebagai bioreduktor untuk sintesis nanopartikel emas. Kemampuan daun Ketapang sebagai bioreduktor untuk sintesis nanopartikel emas sebelumnya telah dibuktikan dalam penelitian pendahuluan oleh Ankamwar (2010). Dimana, daun Ketapang mereduksi ion  $Au^{3+}$  dalam larutan  $HAuCl_4$  menjadi  $Au^0$ . Daun Ketapang mempunyai aktivitas antioksidan yang cukup baik, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti antioksidan sintetis (Marliyana dkk., 2006) dan mengandung 21% tanin sebagai komponen utama, suatu senyawa polifenol yang memiliki kemampuan sebagai zat pereduksi (Chen, dkk., 2000). Musthofa, dkk

(2010) menambahkan bahwa konsentrasi bioreduktor sendiri akan mempengaruhi pembentukan nanopartikel dengan melihat panjang gelombang pada UV-Vis. Penelitian tersebut dilakukan dengan memvariasi volume bioreduktor (0,2; 0,4; 0,8; 1; 2; 3; 5 dan 6 mL) ekstrak daun Zaitun. Pengaruh perbedaan volume menghasilkan volume bioreduktor terbaik 0.2-2 mL dengan  $\lambda_{\text{maks}}$  545 nm dan ukuran nanopartikel sebesar 50-100 nm. Berdasarkan penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa kemampuan suatu bioreduktor untuk mereduksi  $\text{Au}^{3+}$  akan berbeda untuk volume bioreduktor yang berbeda pula.

Pembentukan nanopartikel emas juga dibantu dengan *irradiasi microwave*. Keuntungan terbesar dari *irradiasi microwave* adalah panas yang dihasilkan merata, dapat menembus wadah yang digunakan untuk mereaksikan sampel, pembentukan nanopartikel emas lebih seragam, dan waktu yang dibutuhkan lebih cepat jika dibandingkan dengan pemanasan konvensional (Hasany, dkk., 2012). Sovawi, dkk (2016) dalam penelitiannya, berhasil mensintesis nanopartikel emas menggunakan bioreduktor ekstrak buah Jambu Biji Merah (*Psidium guajava L.*) yang disintesis selama 120 detik dengan *microwave* dan menghasilkan ukuran nanopartikel emas sebesar 5,46-14,45 nm. Namun, apabila dilakukan pemanasan secara terus-menerus membuat pertumbuhan *cluster* terus berkembang dan tidak terkendali. Sehingga, bentuk nanopartikel emas dapat berubah menjadi suspensi yang menghasilkan endapan yang menggumpal (Fatimah, 2012). Berdasarkan penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa waktu pemanasan dengan *irradiasi microwave* dapat mempengaruhi pembentukan nanopartikel emas.

Hasil sintesis dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis dan TEM (*Transmission Electron Microscopy*). Menurut Ankamwar (2010) larutan

nanopartikel emas dengan bantuan bioreduktor ekstrak daun Ketapang menunjukkan hasil resonansi yang kuat pada panjang gelombang 524-534 nm dan hasil TEM menunjukkan bentuk morfologi yang dominan bulat sekitar 10-35 nm dengan ukuran rata-rata sekitar 21,9 nm.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka peneliti ingin mensintesis nanopartikel emas dari larutan  $\text{HAuCl}_4$  0,05 mM yang dibuat dengan cara mencampurkan logam emas murni menggunakan aquaregia ( $\text{HCl} : \text{HNO}_3$  (3:1)). Larutan  $\text{HAuCl}_4$  ditambah bioreduktor ekstrak daun Ketapang disintesis menggunakan *irradiasi microwave* dengan mengontrol faktor volume bioreduktor, waktu pemanasan, dan kestabilan. Sampel hasil sintesis dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui absorbansi optimum pada volume bioreduktor dan waktu pemanasan serta kestabilan AuNPs pada selang waktu tertentu. Hasil sintesis terbaik dilanjutkan dengan analisa TEM guna mengetahui morfologi dan ukuran AuNPs.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah pengaruh volume bioreduktor ekstrak daun Ketapang dan waktu pemanasan terhadap karakteristik nanopartikel emas (AuNPs) secara spektrofotometer UV- Vis?
2. Berapa lama waktu kestabilan nanopartikel emas?
3. Bagaimanakah hasil morfologi nanopartikel emas menggunakan TEM?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh volume bioreduktor ekstrak daun Ketapang dan waktu pemanasan terhadap karakteristik nanopartikel emas (AuNPs) secara spektrofotometer UV- Vis.
2. Untuk mengetahui lama waktu kestabilan nanopartikel emas (AuNPs).
3. Untuk mengetahui hasil morfologi nanopartikel emas menggunakan TEM.

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Sampel yang digunakan berupa emas murni 99,9%.
2. Bioreduktor yang digunakan berupa ekstrak daun Ketapang (*Terminalia catappa*) dengan pelarut akuabides.
3. Sintesis nanopartikel emas menggunakan variasi volume bioreduktor, waktu pemanasan, dan waktu kestabilan hingga hari ke-14
4. Dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan TEM.

### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Mensintesis nanopartikel emas dengan ekstrak daun Ketapang menggunakan variasi volume bioreduktor dan waktu pemanasan
2. Memberikan informasi tentang pengaruh daun Ketapang terhadap kestabilan dan karakteristik AuNPs pada pemanasan *irradiasi microwave*
3. Mengetahui morfologi dan ukuran AuNPs dengan TEM.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Nanopartikel Emas (Au-NPs)

##### 2.1.1 Logam Emas (Au)

Emas dan perak adalah dua jenis logam yang mempunyai banyak nilai tambah daripada logam-logam lain. Emas adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Au dan nomor atom 79.

**Tabel 2.1** Data bahan emas

Bahan Emas	Nilai
Nomor atom	79
Massa atom relatif	196,9665 gram.mol <sup>-1</sup>
Konfigurasi electron	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup>
Titik leleh	1337 K (1064 °C)
Titik didih	3130 K
Jari- jari atom (kisi Au)	1,46 Å
Massa jenis (273 K)	19,32 gram.cm <sup>-3</sup>
Keelektronegatifan (Skala Pauling)	2, 54
Sifat Magnetik	Diamagnetic

Sumber: *Chemistry of Precious Metal*

Emas dapat berada pada berbagai bilangan oksidasi, yaitu -1, 0, +1, +2, +3, +4 dan +5. Emas dengan bilangan oksidasi 0 berbentuk solid dan telah banyak digunakan, misalnya sebagai perhiasan dan kosmetik. Diantara keenam bilangan oksidasi emas, hanya emas dalam bilangan oksidasi +1 dan +3 yang stabil dalam media aqueous dan sistem biologis (Farrel, 1999).

##### 2.1.2 Sifat Nanopartikel Emas (Au-NPs)

Struktur nanomaterial memiliki sifat fisik dan sifat kimia yang unik karena ukurannya yang kecil. Sifat tersebut berbeda dengan material berukuran makro.

Nanopartikel merupakan dispersi partikulat dengan ukuran 1-100 nm. Logam mulia yang efektif untuk dikembangkan sebagai nanopartikel yaitu Ag, Pt, Au, dan Pd (Moores dan Goettmann, 2006; Leela dan Vivekanandan, 2008). Nanopartikel emas merupakan salah satu logam yang disintesis dengan reduksi ion logam  $Au^{3+}$  menjadi  $Au^0$ . Sintesis nanopartikel terjadi dengan adanya transfer elektron dari zat pereduksi terhadap ion logam (Rosyidah, 2012).

Sifat nanopartikel yang dapat dikontrol dan dimodifikasi berupa ukuran, bentuk, sifat kimia, serta fungsionalisasi permukaannya (Nagarajan dan Hatlon, 2008). Ukuran partikel dan distribusinya merupakan karakteristik penting dari sistem nanopartikel emas. (Lee dan Lee, 2008). Disamping keuntungan tersebut, nanopartikel emas juga memiliki keterbatasan. Sebagai contoh, ukurannya yang kecil dan luas permukaan yang besar menyebabkan partikel-partikel teraglomerasi, membuat penanganan fisik nanopartikel emas sulit dilakukan dalam bentuk kering dan larutan. Aglomerasi tersebut menyebabkan nanopartikel emas kehilangan sifat yang berhubungan dengan ukuran nano (Lee dan Lee, 2008).

### 2.1.3 Pemanfaatan Nanopartikel Emas

Sintesis AuNPs adalah nanopartikel yang paling banyak dipublikasikan. Nanopartikel emas telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti sensor, katalis, optik, dan elektronik (Babayi, 2004), bidang kedokteran seperti *drug delivery* (Rohiman, dkk., 2014), pengembangan strategi antibakteri (Cui, dkk., 2012), deteksi DNA (Kumar, dkk., 2011), antikanker dan anti mikroba (Balalakshmi, dkk., 2017). Sebagai contoh, pada tahun 1927 Lande menemukan bahwa terapi emas dapat mengobati penyakit sendi pada pasien non-tuberkulosis sehingga pengembangan terapi emas terus dilanjutkan untuk mengobati rheumatoid

arthritis. Pertengahan era 1980, Sutton, dkk menemukan Au (I) Fosfin (Auranofin) sebagai kompleks emas pertama yang disetujui secara klinis terhadap pasien rheumatoid arthritis (Alessio, 2011).

Berjalannya waktu, emas yang umumnya hanya dianggap sebagai logam mulia yang sulit sekali bereaksi, digunakan untuk koin emas dan perhiasan, sekarang telah berfungsi sebagai suatu katalis aktif saat dipersiapkan pada bentuk *nanoparticulate* emas (Abdullah, 2010). Rohiman, dkk (2014) dalam penelitiannya juga berhasil mensintesis nanopartikel emas yang digunakan sebagai katalis untuk aplikasi penumbuhan *Silicon Nanowires* (SiNWs). Keuntungan lain dari nanopartikel emas yaitu memungkinkan pelepasan obat terkontrol dan obat tertarget (*drug targeting*) (Mohanraj dan Y. Chen, 2006), meredam radikal bebas atau dapat sebagai material antioksidan (Amiruddin dan Taufik, 2013).

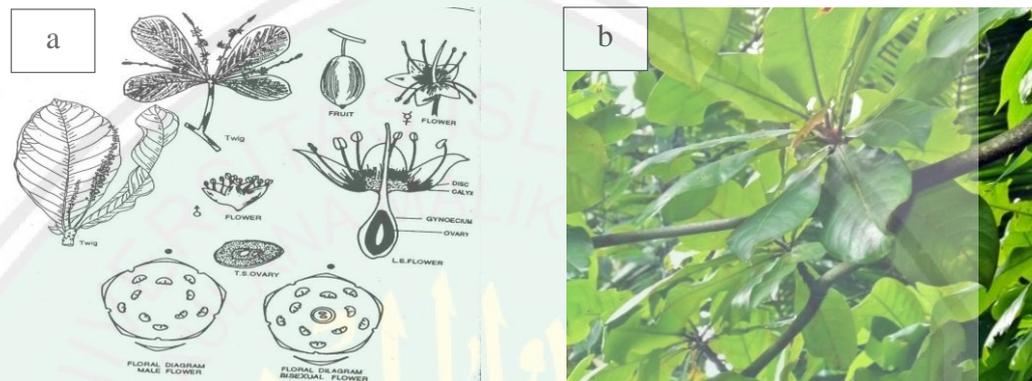
## **2.2 Daun Ketapang (*Terminalia catappa*)**

### **2.2.1 Morfologi dan Identifikasi Daun Ketapang**

Pohon ketapang banyak dijumpai di Asia Tenggara, dibawa dari Asia Tenggara dan menyebar ke berbagai belahan dunia lainnya termasuk India, Polinesia, Madagaskar, Pakistan, Afrika Barat, Afrika Timur, Amerika Selatan dan Amerika Tengah (Hidayat dan Napitupulu, 2015).

Pohonnya besar, tingginya dapat mencapai 40 m, dan diameter batang sampai 1,5 m. Bertajuk rindang dengan cabang-cabang yang tumbuh mendatar dan bertingkat-tingkat. Daun-daun tersebar, sebagian besarnya berjejalan di ujung ranting, bertangkai pendek atau hampir duduk. Helaian daun bulat telur terbalik, berukuran 8-25 x 5-14 cm, helaian di pangkal bentuk jantung. Bunga-bunga

berukuran kecil, terkumpul dalam bulir dekat ujung ranting, panjang antara 8-25 cm, berwarna hijau kuning (Hidayat dan Napitupulu, 2015). Buah batu, bulat telur gepeng, bersegi atau bersayap sempit, berukuran 2,5-7 x 4-5,5 cm, berwarna hijau-kuning-merah atau ungu kemerahan jika masak (Steenis, 2005).



**Gambar 2. 1** Bagian tumbuhan Ketapang (a); Daun Ketapang (b) (Subrahmanyam, 2001)

Klasifikasi tumbuhan Ketapang (*Terminalia catappa* L.) (Yuniarsih, 2012) :

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Bangsa	: Myrtales
Suku	: Combretaceae
Marga	: Terminalia
Jenis	: <i>Terminalia catappa</i> L.

Ketapang diketahui mengandung senyawa obat seperti antioksidan, flavonoid (Lin, dkk., 2000), triterpenoid (Gao, dkk., 2004), tanin (Ankamwar, 2010), alkaloid, steroid (Babayi, dkk., 2004) dan asam lemak (Jaziroh, 2008). Dibalik senyawa yang terdapat pada daun Ketapang tersebut merupakan iradah dari Allah SWT yang memiliki hikmah dan tujuan tersendiri sebagaimana tercantum dalam QS. As-Syu'araa' ayat 7:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

Artinya: “Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik” (QS. As-Syu’araa’:7).

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah SWT adalah Maha pencipta di alam semesta. Salah satu ciptaan-Nya yaitu tumbuhan. Keberadaan tumbuhan merupakan berkah Allah SWT yang diberikan kepada seluruh makhluk-Nya. Dimana, setiap unsur tumbuhan ini memiliki khasiat unik bagi tubuh manusia yang bisa diteliti dan dipelajari dalam kehidupan. Sebagaimana yang diperjelas dalam tafsir Al-Mishbah yaitu kalimat “tumbuh-tumbuhan yang baik” dalam ayat tersebut menunjukkan bahwa Allah SWT menciptakan berbagai macam tumbuhan dengan beberapa manfaat sebagai bukti atas kuasa-Nya. Tumbuhan tersebut tumbuh subur di bumi dengan memiliki manfaat masing-masing (Shihab, 2002). Penjelasan tersebut berkaitan pula dengan QS. Ta Ha (20) 53:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَسَلَكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِّن نَّبَاتٍ شَتَّى ﴿٥٣﴾

Artinya: “Yang telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan dan Yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan, dan menurunkan dari langit air hujan. Maka Kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam” (QS. Ta Ha:53).

Sementara QS. Ta Ha ayat 53 mengandung pengertian bahwa Allah SWT menjadikan kehidupan alam dengan berbagai keanekaragaman hayati sebagai nikmat dan manfaat bagi kehidupan manusia. Contohnya tumbuhan disekitar kita yang dapat dimanfaatkan yaitu daun Ketapang, disamping daunnya yang

mengandung senyawa obat, tanaman ketapang juga berfungsi sebagai komponen utama dalam sintesis nanopartikel emas. Nanopartikel emas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan dalam bidang pengobatan. Sebagaimana Rasulullah SAW juga menyuruh kepada umatnya agar mau mencari obat ketika tubuh sedang sakit, karena itu bentuk dari rasa sabar yang dicontohkan beliau dalam sabdanya:

ثَدَاؤُفَانِ اللّٰه لَمْ يَنْزِلْ دَاءٌ اِلَّا اَنْزَلَ مَعَهُ دَوَاءً غَيْرُ دَاءٍ وَّحِدٍ وَهُوَ الْحَرَمُ  
(رواه ابوداود و دولترمذى عن اسامة بن ر)

Artinya: *Berobatlah! Karena tidak ada satu penyakit yang diturunkan Allah kecuali diturunkan pula obat penyembuhannya, selain satu penyakit, yaitu kepikunan*” (H.R Abu Daud, Turmudzi, dari ‘Usamah ibn Syarik).

Berdasarkan hadist tersebut dijelaskan bahwa Allah SWT tidak akan menciptakan penyakit tanpa ada obatnya. Hal ini membuktikan bahwa Allah SWT menciptakan semua hal dengan kebenaran dan keadilan.

### 2.3 Sintesis Nanopartikel Emas

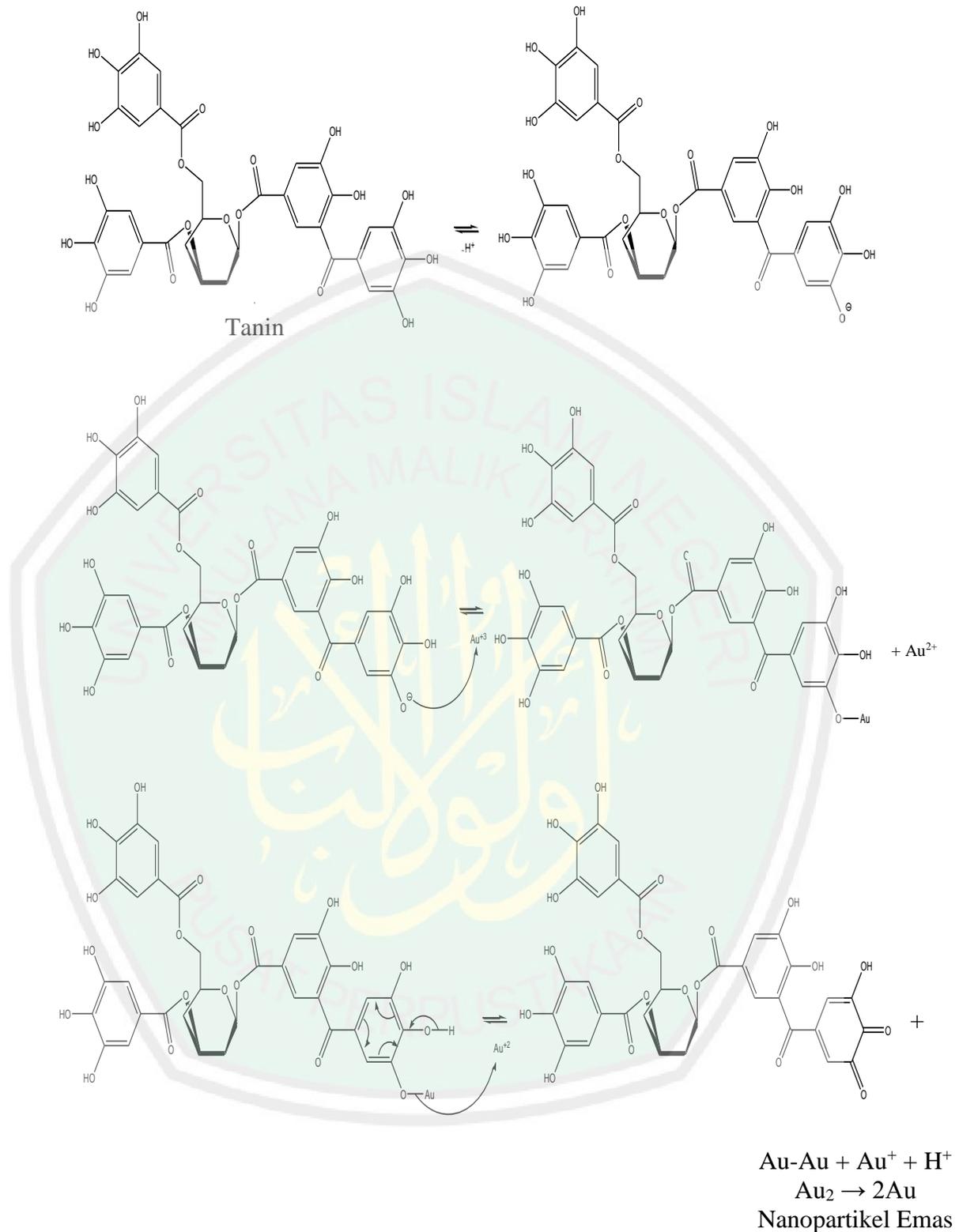
AuNPs dapat disintesis baik secara kimia yaitu dengan mereduksi emas dalam bentuk garamnya, maupun secara fisika pada emas dalam bentuk ruahnya (Chang-Cheng, 2008). Tetapi, terdapat kekhawatiran terhadap penggunaan bahan kimia ini karena merupakan bahan yang sangat beracun untuk lingkungan. Selain dari keracunan bahan kimia, metode ini juga tidak efektif karena dapat menyebabkan kerugian untuk sintesis nanopartikel pada skala industri. Oleh karena itu, berbagai metode yang telah dikembangkan ahli bermunculan yang dinamakan

*green nanotechnology* berbasis tumbuhan sebagai bioreduktor untuk sintesis emas (Purnamasari, 2015).

Secara umum sintesis dilakukan dengan mencampurkan larutan asam tetrakloro aurat ( $\text{HAuCl}_4$ ) dengan ekstrak tanaman dilanjutkan dengan pemeraman (*aging*) atau teknik percepatan pembentukan lain seperti penggunaan *irradiasi* gelombang mikro dan sonifikasi. Berbagai penelitian diperoleh bahwa parameter sintesis seperti konsentrasi, pH, waktu interaksi, temperatur interaksi, dan lain lain mempengaruhi morfologi dan ukuran AuNPs dalam sintesis (Fatimah dan Hidajati, 2012).

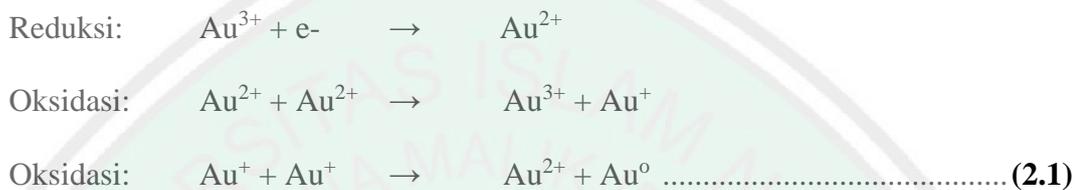
### 2.3.1 *Green Synthesis* Nanopartikel Emas

Tanaman berfungsi sebagai reduktor dan stabilisator dalam sintesis nanopartikel emas. Stabilisator melindungi nanopartikel dan mencegah terjadi agregasi. Ankamwar (2010), melakukan sintesis nanopartikel emas dengan cara reduksi kimia yang ramah lingkungan menggunakan ekstrak daun Ketapang (*Terminalia catappa*) sebagai pereduksi. Daun Ketapang mempunyai aktivitas antioksidan yang cukup baik, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti antioksidan sintetis (Marliyana, 2006). Selain itu, menurut Chen, dkk (2000) daun Ketapang mengandung 21% tanin sebagai komponen utama suatu senyawa polifenol yang memiliki kemampuan sebagai zat pereduksi. Berikut perkiraan reaksi nanopartikel emas yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2**:

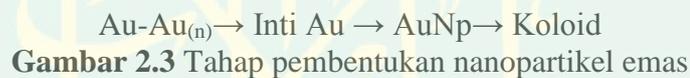


**Gambar 2.2** Perkiraan mekanisme reaksi sintesis nanopartikel emas dengan daun Ketapang (*Terminalia catappa*) (Sarwina, dkk., 2015)

Selain keterlibatan senyawa bioaktif dari daun Ketapang (*Terminalia catappa*), kemungkinan terjadi reaksi disproporsionasi sehingga dihasilkan nanopartikel emas. Reaksi disproporsionasi adalah reaksi redoks dimana oksidator dan reduktornya merupakan zat yang sama. Jadi, sebagian dari zat itu mengalami oksidasi dan sebagian lagi mengalami reduksi seperti persamaan berikut ini: (Babayi, 2004):



Proses yang mungkin terjadi pada pembentukan nanopartikel emas adalah terbentuknya polimer Au kemudian terhidrolisis sehingga terbentuk inti Au seperti pada skema berikut (Chen, dkk., 2000):



Pembentukan koloid berhubungan dengan munculnya inti dalam kondisi yang jenuh. Setelah itu terbentuk nanopartikel Au yang akan tumbuh menjadi koloid (Zakir, dkk., 2005).

Prinsip kerja tanaman dalam membentuk nanopartikel emas (AuNPs) adalah dengan kemampuan senyawa pada tanaman yang mampu mereduksi Au yang bermuatan menjadi nanopartikel emas ( $\text{Au}^0$ ) (Kumar, dkk, 2010). AuNPs juga diduga akan dilindungi oleh senyawa yang terdapat pada tanaman setelah proses reduksi tersebut (Shankar, dkk., 2003). Jika proses reduksi terjadi secara intraseluler, ion logam akan terabsorpsi pada tanaman dan akan mengalami reduksi oleh proses metabolisme tanaman yang kompleks (Jha dan Prasad, 2009).

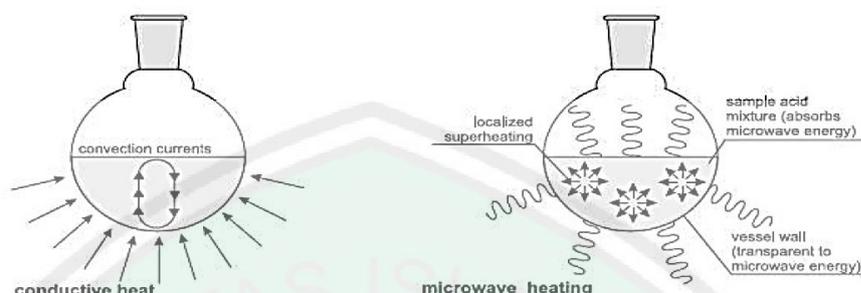
### 2.3.2 Sintesis Nanopartikel Emas dengan *Irradiasi Microwave*

*Microwave* didefinisikan sebagai gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang vakum dengan rentan yang digunakan antara 0,1-100 cm, atau ekuivalen dengan frekuensi 0,3-300 GHz (Jain, 2011). *Microwave domestic* dan industri umumnya dioperasikan dengan 2,45 GHz dengan panjang gelombang 12,2 cm dan energi  $1,02 \times 10^{-5}$  eV (Jacob dan Boey, 1995). Area spektra elektromagnetik *irradiasi microwave* berada antara radiasi infra merah dan gelombang radio. *Irradiasi microwave* merupakan metode cepat dan efisien dalam sintesis dengan variasi senyawa karena selektivitas absorpsi dari energi *microwave* pada molekul polar (Surati, dkk., 2012).

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.

Proses kimia dalam kondisi *microwave* lebih pendek daripada 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 2.4**) 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).



**Gambar 2.4** Perbedaan mekanisme pada metode konvensional dan *microwave*

*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 daripada 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 (Iravani, dkk., 2013).

Terdapat dua prinsip utama dalam *microwave*, yaitu mekanisme dipolar dan mekanisme konduktor elektrik. Mekanisme dipolar muncul ketika frekuensi tinggi pada medan elektrik, molekul polar berusaha untuk mengikuti bidang yang selaras. Ketika hal ini terjadi, molekul melepaskan panas untuk mendorong reaksi berjalan. Mekanisme kedua, sampel terirradiasi merupakan konduktor elektrik dan pembawa muatan (elektron, ion) berpindah melalui bahan di bawah pengaruh medan elektrik,

menghasilkan polarisasi. Induksi tersebut menyebabkan panas pada sampel karena penolakan elektrik (Nadagouda, dkk., 2010).

Adapun penelitian yang dilakukan oleh 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  $\lambda_{\text{maks}}$  545 sampai 530 nm. Namun, apabila di atas 5 mL terjadi sedikit penurunan absorbansi dan perubahan yang tidak berarti dalam pencapaian kejenuhan dalam bioreduksi  $\text{Au}^{3+}$ . Sovawi, dkk (2016), berhasil mensintesis nanopartikel emas menggunakan bioreduktor ekstrak buah jambu biji merah (*Psidium guajava L.*) dengan *irradiasi microwave* selama 120 detik dengan hasil nanopartikel emas sebesar 23,43 nm.

## **2.4 Karakterisasi Nanopartikel Emas**

### **2.4.1 Spektrofotometer UV-Vis**

Spektroskopi adalah studi mengenai interaksi cahaya dengan atom dan molekul. Dasar spektroskopi UV-Vis adalah serapan cahaya, radiasi cahaya atau elektromagnet dapat dianggap menyerupai gelombang. Bila cahaya jatuh pada senyawa, maka sebagian dari cahaya diserap oleh molekul-molekul sesuai dengan struktur dari molekul senyawa tersebut. Serapan cahaya oleh molekul dalam daerah spektrum UV-Vis bergantung pada struktur elektronik dari molekul (Underwood, 2002).

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

$\lambda$ (nm)	Warna sinar diserap	Warna sinar diteruskan
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

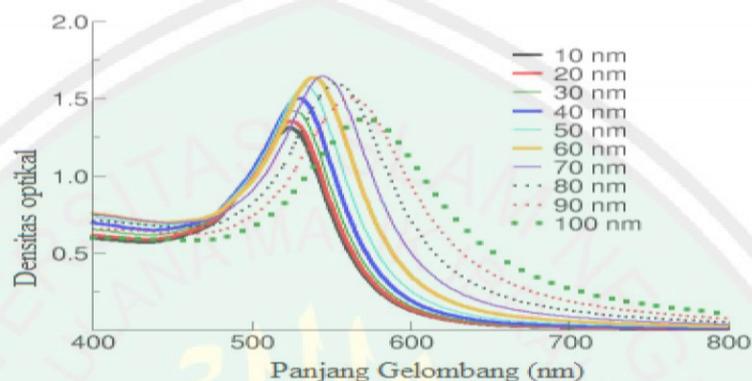
Sumber: Sukindro, 2011

Hasil sintesis nanopartikel emas mempunyai warna yang bervariasi dari merah ke ungu tergantung pada ukuran partikelnya. Warna-warna yang timbul merupakan hasil frekuensi pita plasmon yang berada pada daerah visible yang menyerap warna biru dan memantulkan warna merah. Agregasi nanopartikel emas ini menyebabkan larutan berwarna biru seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.5**:



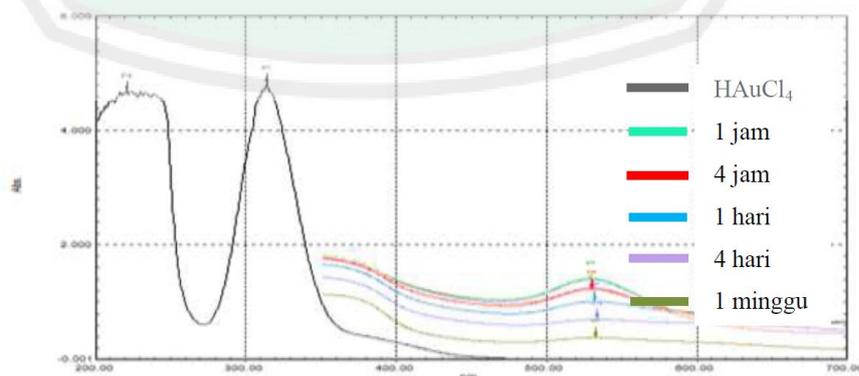
**Gambar 2.5** Variasi warna yang timbul pada sintesis nanopartikel emas (Wang, dkk., 2011).

Identifikasi terbentuknya AuNPs melalui analisis spektrofotometri UV-Vis ditunjukkan dengan adanya panjang gelombang maksimum sekitar 520 nm. Pergeseran panjang gelombang maksimum dipengaruhi oleh ukuran partikel sebagaimana disajikan melalui **Gambar 2.6**:



**Gambar 2.6** Pengaruh ukuran nanopartikel pada spektrofotometer UV-Vis (Fatimah, 2014)

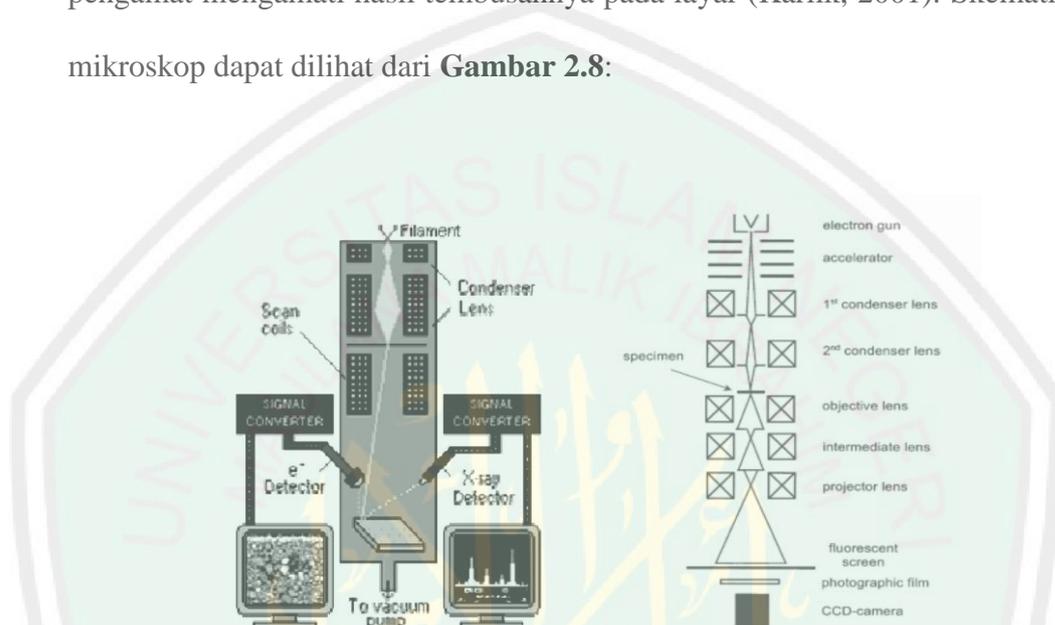
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Lembang, dkk (2014), pengamatan serapan UV-Vis pada sintesis nanopartikel emas dengan ekstrak daun Ketapang (*Terminalia catappa*) menghasilkan panjang gelombang antara 529-534 nm dengan ukuran nanopartikel emas sebesar 44,10 nm. Hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 2.7**:



**Gambar 2.7** Spektrum serapan UV-Vis pada sintesis nanopartikel emas dengan bioreduktor ekstrak daun Ketapang (Lembang, dkk., 2014)

### 2.4.2 *Transmission Electron Microscopy (TEM)*

Mikroskop transmisi elektron (*Transmission Electron Microscope-TEM*) adalah sebuah mikroskop elektron yang cara kerjanya mirip dengan cara kerja proyektor slide, dimana elektron ditembuskan ke dalam obyek pengamatan dan pengamat mengamati hasil tembusannya pada layar (Karlik, 2001). Skematik dari mikroskop dapat dilihat dari **Gambar 2.8**:



**Gambar 2.8** Skema dari TEM (Karlik, 2001)

Skema diatas dapat diterangkan, elektron ditembakkan dari *electron gun* yang kemudian melewati 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).

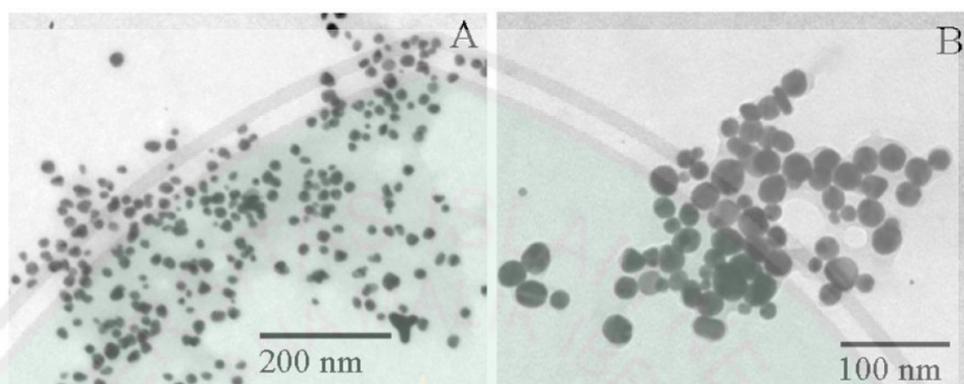
Karakterisasi dengan TEM (**Gambar 2.9**) digunakan untuk menentukan ukuran partikel dan distribusinya. Partikel dengan ukuran beberapa nanometer dapat diamati dengan jelas menggunakan TEM karena resolusinya yang sangat tinggi. Penggunaan *high resolution* TEM (HR-TEM) dapat membantu dalam menentukan lokasi atom-atom dalam sampel (Egerton, 2010).



**Gambar 2.9** TEM (*Transmission Electron Microscopy*)

Salah satu tahap pengoperasian TEM yang paling sulit dilakukan adalah mempersiapkan sampel. Sampel harus dibuat setipis mungkin sehingga dapat ditembus elektron. Sampel ditempatkan di atas grid TEM yang terbuat dari tembaga atau karbon. Jika sampel berbentuk partikel, biasanya partikel didispersi di dalam zat cair yang mudah menguap seperti etanol lalu ditetaskan ke atas grid TEM. Jika sampel berupa komposit partikel di dalam material lunak seperti polimer, komposit tersebut harus diiris tipis (beberapa nanometer). Alat pengiris yang digunakan adalah *microtom* (Abdullah dan Khaerurijjal, 2009).

Penelitian yang dilakukan Ankamwar (2010) menunjukkan hasil ukuran TEM dengan bentuk morfologi yang dominan bulat pada ukuran 10-35 nm dengan ukuran rata-rata sekitar 21,9 nm (**Gambar 2.10**):



**Gambar 2.10** Hasil TEM nanopartikel emas dari ekstrak daun TC pada tingkat pembesaran rendah (A) dan pembesaran yang lebih tinggi (B)

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Agustus-Oktober 2018 di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan Laboratorium Kimia Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

#### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.2.1 Alat- alat Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain neraca analitik, spatula, gelas arloji, pipet tetes, beaker glass 50 mL dan 100 mL, corong gelas, labu takar 50 mL dan 500 mL, botol semprot, *Microwave domestic* (U-Rolux), spektrofotometer UV-Vis dan TEM (*Transmission Electron Microscopy*) (JEOL JEM-1400).

##### **3.2.2 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun Ketapang (*Terminalia catappa*) di daerah lapangan Merjosari kota Malang, emas murni 99,9%, asam klorida (HCl) p.a, asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) p.a, akuades, akuabides, akuademin, kertas saring whatman no. 42, *aluminium foil*, *plastic wrap*.

### 3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini bersifat *experimental laboratory*, yakni sintesis emas (Au) dengan metode biosintesis memanfaatkan senyawa organik tanaman berupa ekstrak daun Ketapang (*Terminalia catappa*). Tahap pertama dilakukan pengambilan sampel daun Ketapang di lapangan Merjosari kota Malang untuk dilakukan preparasi menggunakan akuabides. Didapatkan ekstrak sampel daun Ketapang. Tahap berikutnya, membuat larutan  $\text{HAuCl}_4$  dengan melarutkan emas murni kedalam larutan  $\text{HCl} : \text{HNO}_3$  *p.a* (3:1) dan ditambah akuademin.

Larutan  $\text{HAuCl}_4$  tanpa penambahan bioreduktor digunakan sebagai blanko untuk diukur panjang gelombang maksimumnya dan sisanya disintesis menggunakan *irradiasi microwave* dengan penambahan bioreduktor ekstrak daun Ketapang dengan variasi volume bioreduktor dan waktu pemanasan sebagai berikut:

**Tabel 3.1** Perbandingan volume bioreduktor dan waktu pemanasan

Volume Bioreduktor (mL)	Waktu Pemanasan (detik)
0,15	30
0,3	90
0,6	150
0,9	210
1,2	300

Penelitian ini dilakukan sebanyak 3x ulangan. Hasilnya berupa larutan berwarna *cherry red* yang akan dilihat kestabilannya dari hari ke-0, ke-1, ke-3, ke-5, ke-7, dan ke-14 dengan spektrofotometer UV- Vis pada panjang gelombang 400-800 nm. Tahap berikutnya, nanopartikel emas dikarakterisasi dengan TEM untuk menentukan morfologi dan ukuran nanopartikel emas.

### 3.4 Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Pemilihan dan preparasi sampel bioreduktor ekstrak daun Ketapang
2. Pembuatan larutan  $\text{HAuCl}_4$  0,5 mM
3. Sintesis nanopartikel emas dengan *irradiasi microwave*
4. Karakterisasi nanopartikel emas dengan spektrofotometer UV-Vis dan TEM
5. Menganalisa data (validasi data) yang diperoleh

### 3.5 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.5.1 Pemilihan dan Preparasi Sampel Bioreduktor Ekstrak Daun Ketapang

Penelitian ini menggunakan sampel berupa tumbuhan Ketapang. Tumbuhan ini diperoleh di lapangan Merjosari kota Malang. Bagian tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun dalam kondisi segar. Daun Ketapang dipetik dan dicuci hingga bersih dengan akuades. Daun tersebut dipotong kecil-kecil dan ditimbang sebanyak 10 gram. Daun dimasukkan ke dalam beaker glass 100 mL dan ditambahkan 50 mL akuabides lalu dipanaskan selama 15 menit hingga mendidih. Setelah mencapai suhu ruang, air rebusan dituang dan disaring menggunakan kertas saring whatman no. 42 (Lembang, dkk., 2013). Ditambahkan 50 mL akuabides dan ditandabatkan dalam labu takar 50 mL. Sampel yang dihasilkan berupa filtrat daun Ketapang yang siap digunakan.

#### 3.5.2 Pembuatan dan Penentuan $\lambda_{\text{maks}}$ Larutan $\text{HAuCl}_4$ 0,5 mM

Pembuatan larutan  $\text{HAuCl}_4$  0,5 mM mengacu pada prosedur yang dikembangkan dalam penelitian Lembang, dkk (2014) yaitu larutan  $\text{HAuCl}_4$  0,5

mM dibuat dengan melarutkan 0,0493 gram emas ke dalam aquaregia (HCl : HNO<sub>3</sub> (3:1)) sebanyak 4 mL dengan dibantu pemanasan, kemudian ditambahkan dengan akuademin hingga volume 500 mL dan dihomogenkan. Larutan HAuCl<sub>4</sub> dikocok dan dapat digunakan langsung. Tahap berikutnya, larutan HAuCl<sub>4</sub> dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm.

### 3.5.3 Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas

#### 3.5.3.1 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Volume Bioreduktor Menggunakan *Irradiasi Microwave*

Sintesis nanopartikel emas dilakukan dengan mencampur HAuCl<sub>4</sub> 0,5 mM dan air rebusan daun Ketapang (Lembang, dkk., 2014). Ion emas direduksi dalam ukuran nano menggunakan bioreduktor ekstrak daun Ketapang. Prosedur yang digunakan mengacu pada penelitian Ankamwar (2010) yang dimodifikasi yaitu menggunakan larutan HAuCl<sub>4</sub> 0,5 mM sebanyak 5 mL yang dimasukkan ke dalam beaker glass 50 mL, lalu ditambahkan 0,15 mL air rebusan daun Ketapang. Dilakukan sintesis nanopartikel emas dengan *irradiasi microwave* selama 120 detik (Sovawi, dkk., 2016) dan terjadilah perubahan warna larutan menjadi *cherry red* (Ankamwar, 2010). Digunakan variasi penambahan ekstrak bioreduktor daun Ketapang sebanyak 0,3 ; 0,6 ; 0,9 ; dan 1,2 mL (Khalil, dkk., 2012). Percobaan ini dilakukan dengan 3x ulangan. Dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm. Hasil spektrum UV-Vis dengan absorbansi volume bioreduktor paling stabil dilanjutkan ke prosedur selanjutnya. Berikut tabel variasi volume bioreduktor pada sintesis nanopartikel emas:

**Tabel 3.2** Variasi volume bioreduktor pada sintesis nanopartikel emas

Volume Bioreduktor (mL)	Lar. H <sub>Au</sub> Cl <sub>4</sub> 0,5 mM	Volume H <sub>2</sub> O (mL)	Waktu (detik)
0,15	5	1,05	120
0,3	5	0,9	120
0,6	5	0,6	120
0,9	5	0,3	120
1,2	5	-	120

### 3.5.3.2 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Waktu Pemanasan Menggunakan *Irradiasi Microwave*

Sintesis nanopartikel emas dilakukan dengan mencampur H<sub>Au</sub>Cl<sub>4</sub> 0,5 mM dan air rebusan daun Ketapang (Lembang, dkk., 2014). Ion emas direduksi dalam ukuran nano menggunakan bioreduktor ekstrak daun Ketapang. Prosedur yang digunakan mengacu pada penelitian Ankamwar (2010) yang dimodifikasi yaitu menggunakan larutan H<sub>Au</sub>Cl<sub>4</sub> 0,5 mM sebanyak 5 mL yang dimasukkan ke dalam beaker glass 50 mL, lalu ditambah hasil volume terbaik dan dilakukan sintesis nanopartikel emas dengan *irradiasi microwave* (Sovawi, dkk., 2016). Terjadilah perubahan warna larutan menjadi *cherry red* (Ankamwar, 2010). Digunakan variasi waktu pemanasan pada 30, 90, 150, 210, dan 300 detik. Percobaan ini dilakukan dengan 3x ulangan. Dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm. Hasil spektrum UV- Vis dengan absorbansi waktu pemanasan paling stabil dilanjutkan ke prosedur selanjutnya. Berikut tabel variasi waktu pemanasan pada sintesis nanopartikel emas:

**Tabel 3.3** Variasi waktu pemanasan pada sintesis nanopartikel emas

Volume Bioreduktor (mL)	Lar. H <sub>Au</sub> Cl <sub>4</sub> 0,5 mM	Waktu (detik)
	5	30
	5	90
Hasil volume terbaik pada	5	150
<b>Tabel 3.2</b>	5	210
	5	300

### 3.5.4 Karakterisasi Nanopartikel Emas

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

Nanopartikel emas dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis yang bertujuan untuk menentukan terbentuknya nanopartikel emas dengan variasi volume bioreduktor dan waktu pemanasan serta kestabilannya. Pengukuran spektrofotometer UV-Vis dilakukan dengan cara mencari  $\lambda_{\text{maks}}$  pada masing-masing perlakuan. Selanjutnya, diamati pengaruh waktu kontak daun Ketapang terhadap absorbansinya pada hari ke-0, hari ke-1, hari ke-3, hari ke-5, hari ke-7, dan ke-14. Hal ini bertujuan untuk menghasilkan puncak-puncak yang beragam. Puncak tersebut menyatakan perbedaan ukuran partikel yang dihasilkan.

#### 3.5.4.2 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan TEM (*Transmission Electron Microscopy*)

Karakterisasi dengan TEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dan ukuran nanopartikel emas. Sampel diambil sebanyak 1 grid untuk dikarakterisasi menggunakan TEM pada perbesaran 20.000-150.000 kali. Hasil dari TEM akan diolah dengan *Image J* dan *Origin*.

### 3.5.5 Analisa Data

Hasil sintesis nanopartikel emas dengan ekstrak daun Ketapang menggunakan *irradiasi microwave* dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis dan TEM. Data yang diperoleh berupa deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Pengamatan pada spektrofotometer UV-Vis dilakukan dengan serapan panjang gelombang dan absorbansi selama selang waktu tertentu. Pengamatan pada TEM berupa bentuk

morfologi dan ukuran dari nanopartikel emas. Data yang diperoleh diolah menggunakan *Image J* dan *Origin*.

### 3.5.5.1 Hubungan antara Volume Bioreduktor dan Waktu Pemanasan dengan Absorbansi

Nilai absorbansi dan panjang gelombang yang didapat dimasukkan kedalam tabel dan dihitung untuk mendapatkan nilai volume bioreduktor dan waktu pemanasan terbaik yang akan dianalisis pada tahap selanjutnya. Berikut grafik hubungan antara volume bioreduktor dan waktu pemanasan dengan absorbansi:



Tahap akhir diuji statistik dengan *one way anova* untuk mengetahui pengaruh volume bioreduktor dan waktu pemanasan yang optimum.

### 3.5.5.2 Hubungan Waktu Kontak daun Ketapang dengan Absorbansi

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



Keterangan: \*A= Absorbansi

Tahap terakhir diuji statistik dengan *one way anova* untuk mengetahui pengaruh kestabilan AuNPs pada selang waktu tertentu.

### 3.5.5.3 Analisa Hasil TEM dengan *Image J* dan *Origin*

Hasil analisa TEM diolah dengan *Image J* untuk menentukan morfologi dan ukuran AuNPs. Hasil pada *Image J* dilanjutkan dengan pembuatan grafik Gaussian dengan *Origin* untuk menentukan ukuran rata-rata AuNPs yang terbentuk pada sampel.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Nanopartikel emas (AuNPs) dalam penelitian ini disintesis dengan metode *green synthesis* menggunakan ekstrak daun Ketapang (*Terminalia catappa*) sebagai bioreduktor. Penelitian ini menggunakan variasi volume bioreduktor (0,15; 0,3; 0,6; 0,9; dan 1,2 mL) dan waktu pemanasan (30, 90, 150, 210, dan 300 detik) untuk menentukan volume bioreduktor dan waktu pemanasan optimum serta ditentukan kestabilannya pada hari ke-0, ke-1, ke-3, ke-5, ke-7, dan ke-14. Hasil sintesis dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis dan TEM.

#### 4.1 Pembuatan dan Penentuan $\lambda_{\max}$ Larutan HAuCl<sub>4</sub> 0,5 mM

Pembuatan larutan HAuCl<sub>4</sub> 0,5 mM digunakan logam mulia emas sebanyak 0,0493 gram yang dilarutkan dalam 4 mL aquaregia. Aquaregia dibuat dengan mencampurkan HCl : HNO<sub>3</sub> (3:1). Pembuatan larutan HAuCl<sub>4</sub> terjadi reaksi redoks dimana ion Au yang tidak bermuatan (Au<sup>0</sup>) teroksidasi menjadi ion Au trivalent (Au<sup>3+</sup>) dan terbentuk anion tetrakloroaurat (III). Persamaan reaksinya sebagai berikut (Amirrudin dan Taufikurrohmah, 2013):

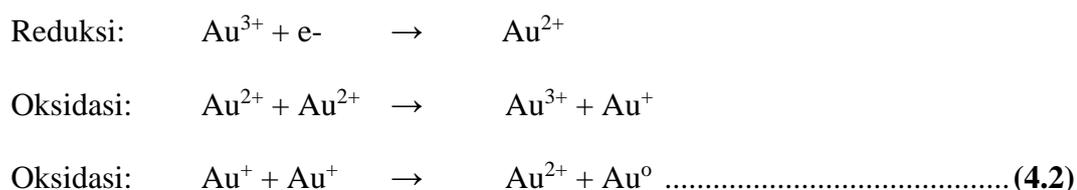


Reaksi tersebut dihasilkan gas NO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> sehingga dibutuhkan pemanasan untuk menghilangkan gas tersebut. Setelah dilakukan pemanasan dengan kompor listrik (hot plate) sampai terlihat letupan-letupan yang berupa gas H<sub>2</sub> dan gas berwarna coklat yang merupakan gas NO<sub>2</sub>. Proses pelarutan akan terus berlanjut dan dibiarkan terbuka dalam lemari asam sampai seluruh padatan emas larut menjadi

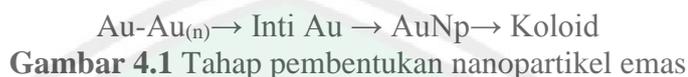
larutan yang berwarna kuning jernih, lalu larutan tersebut didinginkan. Pemanasan ini dilakukan dengan tujuan agar sisa-sisa asam dari aquaregia yang mungkin ada pada larutan dapat menguap seluruhnya dan ditandai dengan tidak terbentuknya gas  $\text{NO}_2$  yang merupakan hasil samping reaksi tersebut. Tahap berikutnya diencerkan larutan  $\text{HAuCl}_4$  dengan akuademin sebanyak 500 mL. Didapat larutan  $\text{HAuCl}_4$  0,05 mM sebanyak 500 mL dengan panjang gelombang sebesar 319,0 nm. Dimana, panjang gelombang tersebut merupakan panjang gelombang awal ketika belum dilakukan penambahan bioreduktor.

#### 4.2 Sintesis Nanopartikel Emas dengan *Irradiasi Microwave*

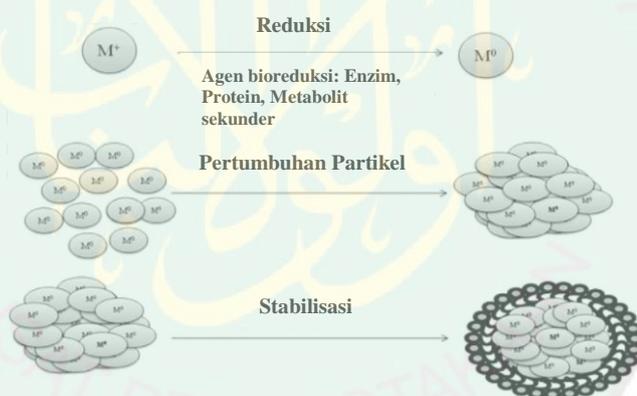
Proses sintesis nanopartikel emas dalam penelitian ini dibuat dengan mencampurkan antara larutan  $\text{HAuCl}_4$  dengan bioreduktor ekstrak daun Ketapang sebagai zat pereduksi sekaligus agen penstabil. Senyawa organik dari tumbuhan berfungsi untuk mereduksi ion Au pada larutan  $\text{HAuCl}_4$  dalam bentuk trivalent ( $\text{Au}^{3+}$ ) menjadi unsur Au yang tidak bermuatan ( $\text{Au}^0$ ). Antioksidan dan dimungkinkan tanin 21% inilah yang memiliki kemampuan sebagai zat pereduksi tersebut (Chen, dkk., 2000). Selain keterlibatan agen pereduksi dan penstabil dari daun Ketapang terhadap pembentukan nanopartikel emas, dimungkinkan juga terjadi reaksi disproporsionasi pada nanopartikel emas. Persamaan reaksinya sebagai berikut (Babayi, 2004):



Seiring berjalannya reaksi disproporsionasi, terjadi pula proses pembentukan nanopartikel emas yaitu terbentuknya polimer Au kemudian terhidrolisis sehingga terbentuk inti Au. Namun, apabila proses reduksi terus berlanjut maka akan terbentuk koloid seperti pada skema berikut (Chen, dkk., 2000):



Proses aglomerasi larutan dapat menghasilkan pembentukan koloid (endapan) yang berhubungan dengan munculnya inti dalam kondisi yang jenuh (Zakir, dkk., 2005). Secara skematik pertumbuhan nanopartikel emas dalam sintesis menggunakan bioreduktor dapat diilustrasikan pada **Gambar 4.2**.

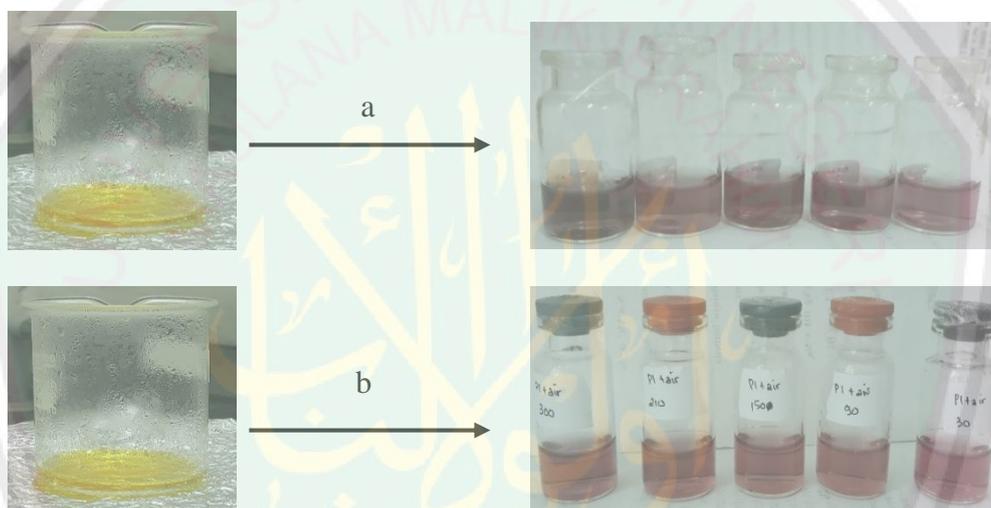


**Gambar 4.2** Skema reduksi, pertumbuhan, dan pembentukan nanopartikel emas (Kumar, dkk., 2013)

Skema tersebut menunjukkan bahwa sintesis nanopartikel emas dengan ekstrak tumbuhan terdiri dari 3 fase. Fase aktivasi (fase 1), dimana emas dalam larutan  $\text{HAuCl}_4$  tereduksi oleh tumbuhan membentuk  $\text{Au}^0$ . Dilanjutkan ke fase pertumbuhan (fase 2), fase ini dikenal dengan proses pematangan/persiapan yang mana nanopartikel kecil secara spontan bergabung membentuk partikel yang lebih

besar. Fase terminasi (fase 3) merupakan tahap terakhir, dimana AuNPs *tercapping* sekaligus terbentuk ukuran nanopartikel emas dengan diameter tertentu.

Pembentukan nanopartikel emas pada penelitian ini dibuktikan dengan proses terjadinya perubahan dari larutan berwarna kuning jernih menjadi warna *cherry red* (merah anggur) saat dilakukan proses pemanasan dengan *microwave*. Berikut hasil perubahan warna dari sintesis AuNPs dengan variasi volume bioreduktor dan waktu pemanasan:



**Gambar 4.3** (a) Sintesis AuNPs dengan variasi volume bioreduktor  
(b) Sintesis AuNPs dengan variasi waktu pemanasan

Terbentuknya warna tersebut dikarenakan oleh eksitasi dari permukaan plasmon nanopartikel. Perubahan-perubahan warna yang terjadi selama sintesis menunjukkan pertumbuhan *cluster* yang dihasilkan semakin besar, dimana pada saat atom emas belum saling berinteraksi satu sama lain (larutan tidak berwarna). Dalam jumlah tertentu *cluster* emas memberikan warna merah, saat *cluster* semakin besar dan saat memasuki ukuran nano, emas menjadi berwarna merah anggur. Atom-atom Au akan saling berinteraksi dengan ikatan logam sesamanya dan

menghasilkan *cluster* dalam jumlah yang sangat besar. Namun, kumpulan atom Au (*cluster*) yang terus-menerus semakin berkembang dapat dikendalikan sehingga ukurannya hanya sampai berdiameter tertentu.

Proses pembentukan nanopartikel emas,  $\text{HAuCl}_4$  merupakan suatu asam lemah yang dalam larutannya membentuk suatu sistem kesetimbangan, sehingga jumlah ion  $\text{AuCl}_4^-$  yang akan dihasilkan tidak banyak sehingga memungkinkan untuk direduksi menjadi  $\text{Au}^0$ . Ketika berada dalam bentuk ionnya,  $\text{AuCl}_4^-$  akan saling tolak-menolak karena pengaruh muatan sejenis, namun setelah tereduksi menjadi  $\text{Au}^0$  maka muatan atom Au menjadi netral sehingga memungkinkan antar atom Au akan saling berinteraksi satu sama lain melalui ikatan antar logam membentuk *cluster* yang berukuran nano (Amiruddin dan Taufik, 2013). Proses pengendalian nano ini dilakukan dengan memvariasi volume bioreduktor dan waktu pemanasan.

#### **4.3 Sintesis AuNPs dengan Variasi Volume Bioreduktor terhadap Karakteristik AuNPs**

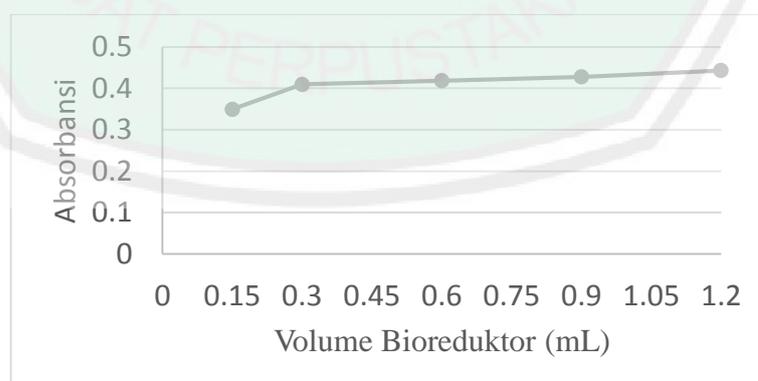
Nanopartikel emas (AuNPs) disintesis menggunakan volume bioreduktor yang berbeda-beda. Tujuan dilakukan variasi ini untuk mengetahui perbedaan volume bioreduktor dalam mereduksi nanopartikel emas. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 400-800 nm. Pengaruh variasi volume bioreduktor dapat dibuktikan dengan analisa secara statistik. Data yang diperoleh diuji dengan *one way anova* pada taraf signifikan 95% (sign. < 0,05) sebagai berikut:

**Tabel 4.1** Hasil uji *One Way Anova* pengaruh variasi volume bioreduktor terhadap pembentukan nanopartikel emas

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.015	4	.004	14.364	.000
Within Groups	.003	10	.000		
Total	.018	14			

Berdasarkan hasil **Tabel 4.1** diperoleh nilai signifikan kurang dari 0,05 yang artinya ada pengaruh yang signifikan antara variasi volume bioreduktor terhadap pembentukan nanopartikel emas. Penelitian ini menunjukkan volume bioreduktor yang berpengaruh optimum terhadap pembentukan nanopartikel emas sebesar 1,2 mL. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya absorbansi saat bertambahnya volume bioreduktor hingga 1,2 mL. Hasil tersebut didukung dengan uji BNT (**Lampiran 4**) yang menunjukkan pada volume 0,3-1,2 mL tidak ada pengaruh yang berbeda nyata walaupun absorbansi yang dihasilkan berbeda dengan volume optimum (1,2 mL). Namun, pada volume 0,15 mL menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan volume lainnya (0,3-1,2 mL). Data tersebut didukung pula pada

**Gambar 4.4:**



**Gambar 4.4** Grafik hubungan variasi volume bioreduktor dengan absorbansi

Semakin optimum volume bioreduktor maka ekstrak yang berfungsi untuk mereduksi Au semakin banyak. Dimungkinkan AuNPs yang terbentuk semakin banyak pula. Hal ini dikarenakan bioreduktor ekstrak daun Ketapang yang berperan sebagai *capping agent* disekitar Au masih berjalan optimum. *Capping agent* berfungsi untuk menjaga kestabilan nanopartikel agar tidak mengalami aglomerasi.

#### 4.4 Sintesis AuNPs dengan Variasi Waktu Pemanasan terhadap Karakteristik AuNPs

Nanopartikel emas (AuNPs) disintesis menggunakan waktu pemanasan yang berbeda-beda. Tujuan dilakukan variasi ini agar proses pembentukan AuNPs dapat dicapai secara maksimal pada waktu pemanasan yang optimum. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 400-800 nm. Pengaruh variasi waktu pemanasan dapat dibuktikan dengan analisa secara statistik. Data yang diperoleh diuji dengan *one way anova* pada taraf signifikan 95% (sign. < 0,05) sebagai berikut:

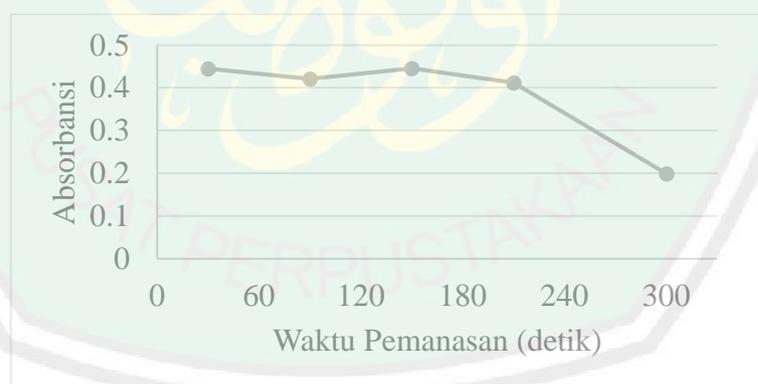
**Tabel 4.2** Hasil uji *One Way Anova* pengaruh waktu pemanasan terhadap pembentukan nanopartikel emas

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.131	4	.033	311.533	.000
Within Groups	.001	10	.000		
Total	.132	14			

Berdasarkan **Tabel 4.2** diperoleh nilai signifikan kurang dari 0,05 yang artinya ada pengaruh yang signifikan antara variasi waktu pemanasan terhadap pembentukan nanopartikel emas. Waktu pemanasan pada penelitian yang berpengaruh terhadap pembentukan nanopartikel emas yaitu 150 detik. Hal ini

ditunjukkan dengan adanya nilai absorbansi pada waktu 30-90 detik belum terbentuk AuNPs secara optimum. Namun, semakin bertambahnya waktu pemanasan (210 sampai 300 detik) maka AuNPs yang terbentuk kurang stabil dan dapat mengalami aglomerasi apabila dilakukan pemanasan lebih dari 150 detik. Sebaliknya, apabila dilakukan pemanasan kurang dari 150 detik maka, proses mereduksi ekstrak daun Ketapang pada Au berjalan kurang optimum sehingga nanopartikel emas yang dihasilkan masih sedikit.

Hasil tersebut dibuktikan dengan uji BNT (**Lampiran 4**) yang menunjukkan bahwa pada waktu pemanasan 30-210 detik tidak ada pengaruh yang berbeda nyata walaupun absorbansi yang dihasilkan berbeda dengan absorbansi pada waktu pemanasan 150 detik. Sedangkan, pada waktu 300 detik ada pengaruh yang berbeda nyata dengan nilai absorbansi yang dihasilkan pada waktu 300 detik menurun drastis. Data tersebut didukung pula pada **Gambar 4.5**:



**Gambar 4.5** Grafik hubungan variasi waktu pemanasan dengan absorbansi

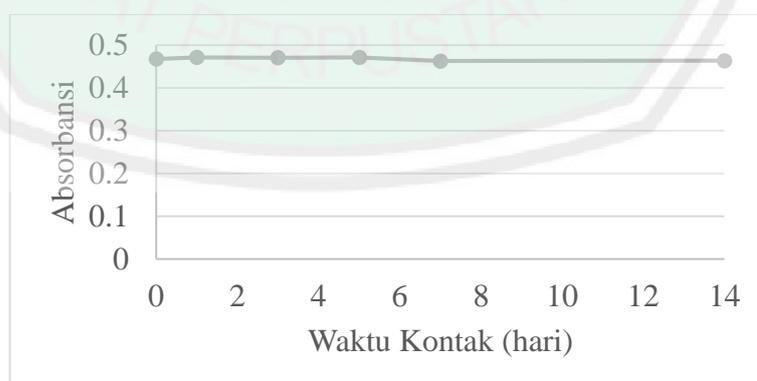
Proses terbentuknya AuNPs, apabila dilakukan pemanasan secara terus-menerus dapat membuat pertumbuhan *cluster* akan terus berkembang dan tidak terkendali. Sehingga, bentuk nanopartikel emas akan berubah menjadi suspensi yang menghasilkan endapan yang menggumpal. Untuk mengetahui pertumbuhan

*cluster* yang cukup besar maka dilakukan uji penstabilan pada nanopartikel emas dengan spektrofotometer UV-Vis.

#### 4.5 Kestabilan Nanopartikel Emas

Pengaruh waktu kontak daun Ketapang terhadap kestabilan nanopartikel emas dapat diamati melalui terjadinya perubahan puncak serapan. Nanopartikel emas memiliki kecenderungan untuk beragregasi. Hal ini disebabkan karena adanya gaya antarpartikel yang kuat sehingga partikel-partikel tersebut akan mendekat dan berkumpul bersama membentuk *cluster* yang lebih besar seiring dengan berjalannya waktu. Hal ini dibuktikan dengan pengukuran absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis.

Pengamatan terhadap pembentukan nanopartikel emas diperjelas dengan melihat hubungan antara absorbansi terhadap waktu. Waktu penyimpanan dilakukan selama 14 hari (2 Minggu). Bertambahnya waktu kontak daun Ketapang menyebabkan semakin bertambahnya absorbansi yang dihasilkan sehingga, ukuran nanopartikel emas juga semakin besar.



**Gambar 4.6** Grafik hubungan waktu kontak (kestabilan) dengan absorbansi

Pengamatan terhadap grafik kestabilan nanopartikel emas menunjukkan bahwa semakin lamanya waktu penyimpanan (selama 14 hari) sampel nanopartikel emas, maka tidak ada pengaruh peningkatan absorbansi maupun penurunan absorbansi. Hasil tersebut didukung pula dengan uji BNT (**Lampiran 4**) yang menunjukkan tidak adanya pengaruh yang berbeda nyata dari hari ke-0 hingga hari ke-14. Artinya, pembentukan AuNPs stabil dari hari ke-0 hingga hari ke-14. Pengaruh lainnya juga didukung dengan data *one way anova* pada **Tabel 4.3**:

**Tabel 4.3** Hasil uji *One Way Anova* kestabilan nanopartikel emas

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	5	.000	.040	.999
Within Groups	.014	12	.001		
Total	.014	17			

Berdasarkan **Tabel 4.3** diperoleh bahwa nilai signifikan lebih dari 0,05 yaitu sebesar 0,999 yang artinya tidak ada pengaruh terhadap pembentukan dan kestabilan nanopartikel emas selama masa penyimpanan 14 hari (2 Minggu). Hal ini ditandai dengan adanya larutan AuNPs yang tidak mengalami pengendapan selama 14 hari (2 Minggu). Artinya, stabilitas nanopartikel emas dengan bilangan oksidasi 0 mampu dipertahankan. Penelitian nanopartikel emas dengan bioreduktor ekstrak daun Ketapang menggunakan *irradiasi microwave* ini dapat mencegah terjadinya aglomerasi pada larutan dan mampu mempertahankan kestabilan AuNPs selama 14 hari (2 Minggu). Pada penelitian ini dilakukan pengujian lebih lanjut pada hari ke-49 dengan hasil warna larutan yang masih tetap (*cherry red*) dan tidak adanya endapan. Namun, nilai absorbansi yang dihasilkan dari nanopartikel emas pada hari ke-49 tersebut menunjukkan nilai absorbansinya turun yang artinya

nanopartikel mengalami aglomerasi. Hal ini dimungkinkan karena proses reduksi daun Ketapang yang terus berlanjut dan membuat ukuran AuNPs menjadi semakin besar.

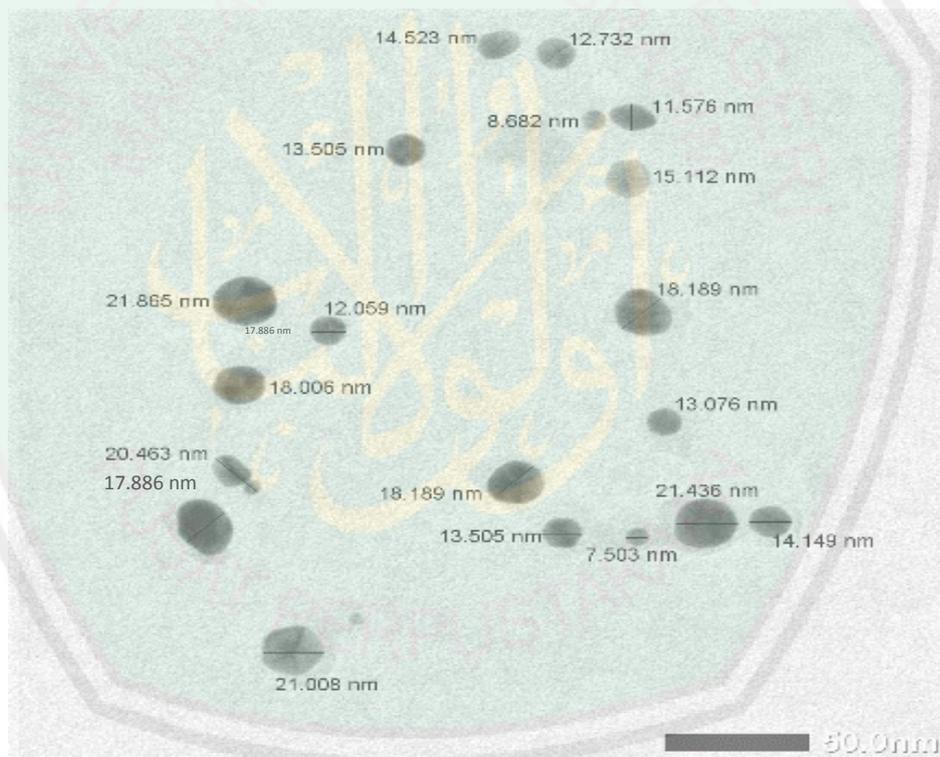
#### 4.6 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan TEM

Nanopartikel emas hasil sintesis dikarakterisasi dengan *Transmission Electron Microscope* (TEM) (JEOL JEM-1400). Analisis ini memperlihatkan morfologi dan ukuran nanopartikel emas. Hasil analisis dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Nanopartikel emas hasil sintesis (**Lampiran 5**) menunjukkan morfologi dominan bulat yang terdistribusi secara acak pada perbesaran 20000x dengan skala 200 nm. Hal serupa terjadi pada perbesaran 40000x dengan skala 100 nm. Perbesaran 80000x dengan skala 50 nm menunjukkan morfologi AuNPs berupa bulatan-bulatan yang terdistribusi secara acak. Sedangkan, perbesaran 150000x dengan skala 20 nm menunjukkan morfologi AuNPs berbentuk bulat. Hasil tersebut merupakan sebagian dari *cluster* emas yang terbentuk. Data yang diperoleh pada penelitian dibandingkan dengan hasil literature pada **Tabel 4.4**:

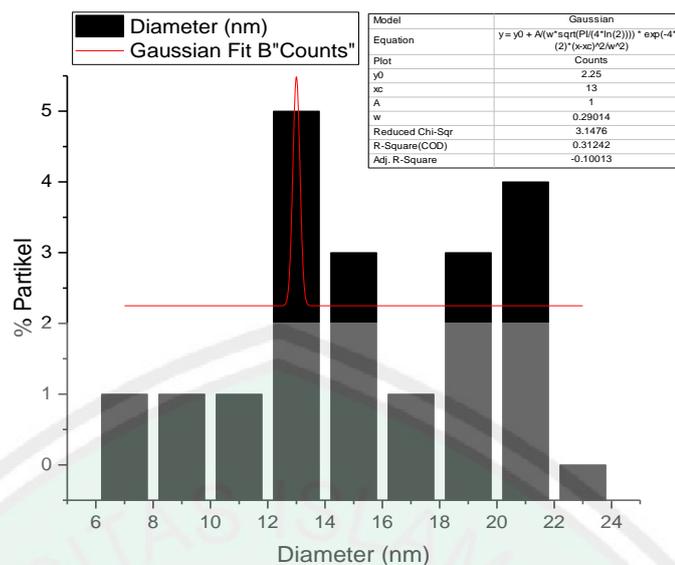
**Tabel 4.4** Perbandingan hasil warna dan ukuran nanopartikel emas

Gambar	Warna	Ukuran	Literatur
	Cherry red (merah anggur)	Ukuran 17,3 nm	Sarwina, 2015
	Merah aggur	Ukuran 23,43 nm	Sovawi, dkk., 2016
	Cherry red (merah anggur)	Ukuran 44,10 nm	Lembang, 2014
	Cherry Red dengan agregasi	Ukuran 56 nm	Musthafa, dkk., 2016

Nanopartikel emas hasil sintesis *irradiasi microwave* dengan volume bioreduktor 1,2 mL dan waktu pemanasan 150 detik dengan warna *cherry red* menunjukkan morfologi yang dominan bulat (**Gambar 4.7**). Hasil perhitungan *Origin* (**Gambar 4.8**) menunjukkan ukuran nanopartikel emas yang dihasilkan yaitu 7,5-21,87 nm dengan ukuran rata-rata sebesar 13 nm. Plot Gaussian yang sesuai dengan histogram PSD (Distribusi Ukuran Partikel) menghasilkan ukuran partikel  $13 \pm 0,145$  nm dengan tingkat keseragaman nanopartikel emas sebesar 1,12%.



**Gambar 4.7** Ukuran nanopartikel hasil analisis TEM



**Gambar 4.8** Plot histogram distribusi AuNPs yang sesuai

Ukuran nanopartikel emas yang diperoleh pada penelitian tergantung bioreduktor dan pemanasan yang digunakan seperti *irradiasi microwave*, serta lama waktu kestabilan. Namun, diperlukan pula volume bioreduktor ekstrak daun Ketapang dan waktu pemanasan yang lebih baik (*optimum*) agar ukuran nanopartikel emas cenderung lebih homogen.

#### 4.7 Pemanfaatan Tumbuhan dalam Prespektif Islam

Al-Qur'an yang disebut juga *ayat qauliyah* (tanda-tanda kekuasaan Allah yang tertulis) mengajak manusia untuk merenungkan alam semesta (*tafakkur alam*) sebagai tanda kekuasaan Allah (*ayat kauniyah*). Fazlul, (1996) mengungkapkan bahwa alam semesta beserta segala proses kausalnya merupakan pertanda (*ayat*) atau bukti yang terpenting mengenai Pencipta-Nya. Adanya alam merupakan bukti adanya Tuhan. Tanpa disadari, manusia yang termasuk sebagai *ayat kauniyah* dalam keseharian selalu bersinggungan dengan *ayat kauniyah* yang lain. Salah satu

contoh dari unsur alam yang paling tampak dan sering kali terlihat adalah tumbuhan-tumbuhan.

Tumbuhan memiliki peran penting bagi kehidupan manusia. Sebagaimana yang telah diisyaratkan Allah pada manusia dalam Al-Quran untuk memikirkan segala sesuatu yang tumbuh di bumi ini, termasuk daun Ketapang. Sebab disetiap penciptaan-Nya pasti mengandung hikmah dan tanda kekuasaan-Nya seperti firman Allah dalam QS. Shad (38) 27:

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًا ذَلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ ﴿٢٧﴾

Artinya: “dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah. Yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir, Maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka” (QS. Shad:27).

Ayat ini menjelaskan tentang makna memahami ciptaan Allah SWT dan hikmah didalamnya yang menunjukkan keagungan, kekuasaan, keluasan ilmu, pilihan, dan rahmat Allah SWT. Selain itu, menunjukkan tidak adanya ciptaan Allah SWT yang sia-sia. Artinya segala sesuatu yang diciptakan Allah mempunyai hikmah, faedah, dan maslahat serta penuh kebenaran.

Proses untuk mensintesis emas digunakan metode *green synthesis* seperti mencampurkan ekstrak daun Ketapang dengan larutan  $\text{HAuCl}_4$  menggunakan komposisi tertentu. Dibantu pula dengan proses pemanasan menggunakan *irradiasi microwave* untuk menghasilkan pembentukan nano yang stabil dalam beberapa hari. Hal ini berkaitan dengan firman Allah dalam QS. Al-A'la 2-3:

الَّذِي خَلَقَ فَسَوَّىٰ ﴿٢﴾ وَالَّذِي قَدَّرَ فَهَدَىٰ ﴿٣﴾

Artinya: “2. yang Menciptakan, dan menyempurnakan (penciptaan-Nya). 3. dan yang menentukan kadar (masing-masing) dan memberi petunjuk” (QS. Al-A’la 2-3)

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan segala ciptaan-Nya termasuk menyempurnakannya pun memberikan suatu takaran yang sesuai. Pernyataan ini menegaskan bahwa Allah SWT tidak serta-merta dalam menciptakan sesuatu. Sebab penciptaan-Nya tersebut bersesuaian dengan kadar yang telah Allah kehendaki.

Berdasarkan hasil penelitian ini, produk hasil sintesis menggunakan bioreduktor ekstrak daun Ketapang menghasilkan ukuran nanopartikel sebesar 7.5-21.87 nm dengan rata-rata ukuran 13 nm yang stabil hingga hari ke-14. Sehingga, kedepannya diharapkan dapat diteliti lebih lanjut untuk uji antikanker. Hal ini agar dapat diaplikasikan dalam bidang pengobatan sesuai anjuran Rasulullah melalui sabdanya:

ثَدَاؤُوقَانِ اللّٰهُ لَمْ يَنْزِلْ دَاءٌ اِلَّا اَنْزَلَ مَعَهُ دَوَاءً غَيْرُ دَاءٍ وَّحِدٍ وَهُوَ الْحَرَمُ

(رواه ابوداود وولترمذی عن اسامة بن ر)

Artinya: *Berobatlah! Karena tidak ada satu penyakit yang diturunkan Allah kecuali diturunkan pula obat penyembuhannya, selain satu penyakit, yaitu kepikunan*” (H.R Abu Daud, Turmudzi, dari ‘Usamah ibn Syarik).

Hadist tersebut menjelaskan bahwa setiap penyakit pasti ada obatnya. Tugas manusia hanyalah mencari obat yang sesuai dengan penyakit tersebut. Apabila telah ditemukan obat yang sesuai maka orang yang menderita penyakit tersebut akan sembuh atas izin Allah SWT. *Wallahu a’lam.*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi volume bioreduktor dan waktu pemanasan berpengaruh terhadap karakteristik pembentukan AuNPs. Volume bioreduktor yang terbaik dalam pembentukan AuNPs pada penelitian ini yaitu 1,2 ml dan waktu pemanasan yang stabil pada penelitian yaitu 150 detik.
2. Nanopartikel emas hasil sintesis dengan bioreduktor ekstrak daun Ketapang pada penelitian ini stabil hingga hari ke-14.
3. Analisa TEM menunjukkan morfologi dominan bulat dengan ukuran 7,5-21,87 nm serta ukuran rata-rata sebesar 13 nm dan tingkat keseragaman AuNPs sebesar 1,12%.

#### **5.2 Saran**

1. Pada sintesis AuNPs perlu dilakukan variasi volume bioreduktor yang lebih besar untuk mengetahui perbedaan optimum dan kestabilan nanopartikel emas.
2. Perlu dilakukan pemanasan menggunakan sonikasi untuk mengetahui perbedaan ukuran AuNPs yang lebih baik dalam proses sintesis.
3. Perlu dilakukan uji lanjut untuk pengaplikasian AuNPs sebagai *drug-delivery*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. 1994. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 2*. Kairo: Mu-assasah Daar al-Hilaal
- Abdullah. 1994. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 5*. Kairo: Mu-assasah Daar al-Hilaal
- Abdullah. 1994. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 6*. Kairo: Mu-assasah Daar al-Hilaal
- Abdullah. 1994. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 7*. Kairo: Mu-assasah Daar al-Hilaal
- Abdullah, Mikrajuddin dan Khairurrijal. 2009. Review: Karakteristik Nanomaterial. *Jurnal Nanosains Dan Nanoteknologi*
- Abdullah, M. 2010. *Pengantar Nanosains*. Bandung: ITB
- Alessio, E. 2011. *Bioinorganic Medicinal Chemistry*. Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA
- Amiruddin, M dan Taufikurrohman, T. 2013. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan Matriks Bentonit sebagai Material Peredam Radikal Bebas dalam Kosmetik. *Journal of Chemistry Vol. 2 No. 1*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya
- Ankamwar, B. 2010. Biosynthesis of Gold Nanoparticles (Green-Gold) Using Leaf Extract of *Terminalia catappa*. *E-Journal of Chemistry*. **7** (4): 1334-1339
- Babayi, H. 2004. *The Antimicrobial Activities of Methanolic Extracts of Eucalyptus camaldulensis and Terminalia catappa Against Some Pathogenic Microorganisms*. BIOKEMISTRI 16(2):106-111. Nigeria: National Institute for Pharmaceutical Research and Development
- Balalakshmi, C., Gopinan, K., Govindarajan, M., Lokesh, R., Arumugam, A., Kadaikunna, S., Khaled, JM., Benelli, G.,. 2017. Green Synthesis of Gold Nanoparticles using a Cheap Sphaeranthus indicus Extract: Impact on Plant Cells and The Aquatic Crustacean Artemia nauplii. *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology*. S1011-1344(17)30731-5
- Chang-Cheng Y., Sarit, S. A dan Vincent, M. R. 2008. *Chemical and Biological Sensing Using Gold Nanoparticles. Nano and Microsensors for Chemical and Biological Terrorism Surveillance*. Edited by Jeffrey B.-H. *Royal Society of Chemistry*; 29 – 50
- Chen, P. S., Li, J. H., Liu, T. Y and Lin, T. C. 2000. *Cancer Letters*. 152(2), 115-122

- Cui, Y., Zhao, Y., Tian, Y., Zhang, W., Lu, X., and Jiang, X., 2012. The Molecular Mechanism of Action of Bactericidal Gold Nanoparticles on *Escherichia coli*. *Biomaterials*, 33: 2327-2333
- Farrel, N. P. 1999. *Uses of Inorganic Chemistry in Medicine*. Cambridge : The Royal Society Of Chemistry
- Fatimah, E. N dan Hidajati, N. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas sebagai Material Pendukung Aktivitas Tabir Surya Turunan Sinamat. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa 2012 – ISBN: 978-979-028-550-7*
- Fatimah, Is. 2012. *Synthesis of Meta and Metal Oxide Nanoparticles Using Plant Extract: A Review*. Jurnal Ilmu- Ilmu Mipa. ISSN: 1411-1047
- Fazlul, Rahman. 1996. *Tema Pokok Al-Quran* terj. Anas Mahyudin. Bandung: Pustaka
- Gao, J., Tang, X., Dou, H., Fan, Y., Zhao, X., and Xu, Q., 2004, Hepatoprotective Activity of Terminalia catappa L. Leaves and Its Two Triterpenoids, *J. Pharm and Pharmacol.*, 56(1): 1-7
- Hasany, S. F., I. Ahmed, Rajan J., A. Rehman. 2012. Systematic Review of the Preparation Techniques of Iron Oxide Magnetic Nanoparticles. *Nanoscience and Nanotechnology*, 2(6):148-158
- Hidayat, S dan Napitupulu, R.M. 2015. *Kitab Tumbuhan Obat*. Jakarta: Agriflo (Swadaya Grup). Hal. 221-222
- 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
- Jacob, J dan F.Y.C Boey. 1995. Review Thermal and Non-Thermal Interaction of Microwave Radiation with Materials. *Journal of Materials Science*, 30(1): 5321- 5323
- Jaziroh, S., 2008, Isolasi dan Identifikasi Senyawa Aktif dalam Ekstrak n-Heksana Daun Ketapang (*Terminalia catappa*), *Jurnal Kimia*, 4(2): 61-70
- Jha, A. K., Prasad, K., Prasad, K dan Kulkarni, A. R. 2009. Plant System: Nature's Nanofactory. *Colloids and surfaces B: biointerfaces* 73, 219-223
- Jain, A. K. 2011. An Overview of Microwave Assisted Technique: Green Synthesis. *Article WebMed Central*, 225(1):1-15
- Karlík, M. 2001. *Lattice Imaging in Transmission Electron Microscopy*, Department of Materials, Faculty of Nuclear

- Khalil, M., Ismail, H. E dan El- Maghdoub. 2012. Biosynthesis of Au Nanoparticles using Olive Leaf Extract. *Arabian Journal of Chemistry* (2012) 5, 431–437
- Kumar Mittal, A., Chisti, Y., Banerjee, U.C., 2013, Synthesis of Metallic Nanoparticles using Plant Extracts, *Biotechnology Advances*, 31, 346–356. doi:10.1016/j.biotechadv.2013.01.003
- Kumar, V., Yadav, S.C., dan Yadav, S.K., 2010. Syzigium cumini Leaf and Extract Mediated Biosynthesis of Silver Nanoparticles and Their Characterization. *Journal chemistry technology and biotechnology*, 1-9
- Kumar, V. G., Gokavaparu, SD., Rajeswari, A., Dhas, TS., Karthick, V., Kapadia, Z., Shrestha, T., Barathy, IA., Roy, A., Shinha, S., 2011. Facile Green Synthesis of Gold Nanoparticles using Leaf Extract of Antidiabetic Potent *Cassia auriculata*. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 87. 159– 163
- Lee, G.J dan Y.P. Lee. 2008. Microstructures and Linear/ Nonlinear Optical Properties of Monolayered Silver Nanoparticles. *Journal of the Korean Physical Society*, 53(6):3818- 3820
- Lembang, M. S., 2014. Sintesis Nanopartikel Emas dengan Metode Reduksi Menggunakan Bioreduktor Daun Ketapang (*Terminalia catappa*). *Skripsi (Tidak Diterbitkan)*. Program Studi Kimia FMIPA : Universitas Hasanuddin
- Lin, Y., Kuo, Y., Shiao, M., Chen, C., dan Ou, J., 2000, Flavonoid Glycosides from *Terminalia catappa* L, *J. Chin. Chem. Soc.*, 47(1): 253-256
- Marliyana, S. D., Kusumaningsih, T dan Kristinawati, H., 2006, Penentuan Kadar Total Fenol dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Biji Ketapang (*Terminalia cattapa* L.), *Jurnal Alchemy*, 5 (1); 39-44
- Mohanraj, VJ dan Y. Chen. 2006. Nanoparticles- A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 5, 561-573
- Moore, A dan Goettmann, F. 2006. The Plasmon Band in Noble Metal Nanoparticles: An Introduction to Theory and Applications. *New Journal of Chemistry*, 30, 1121-1132
- 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. *Research Article*. ISSN: 2320-5407
- Nadagouda, M. N., T. F. Speth dan R.S. Varma. 2011. Microwave-Assisted Green Synthesis of Silver Nanostructures. *Accounts of chemical research*, 44(7): 469–47

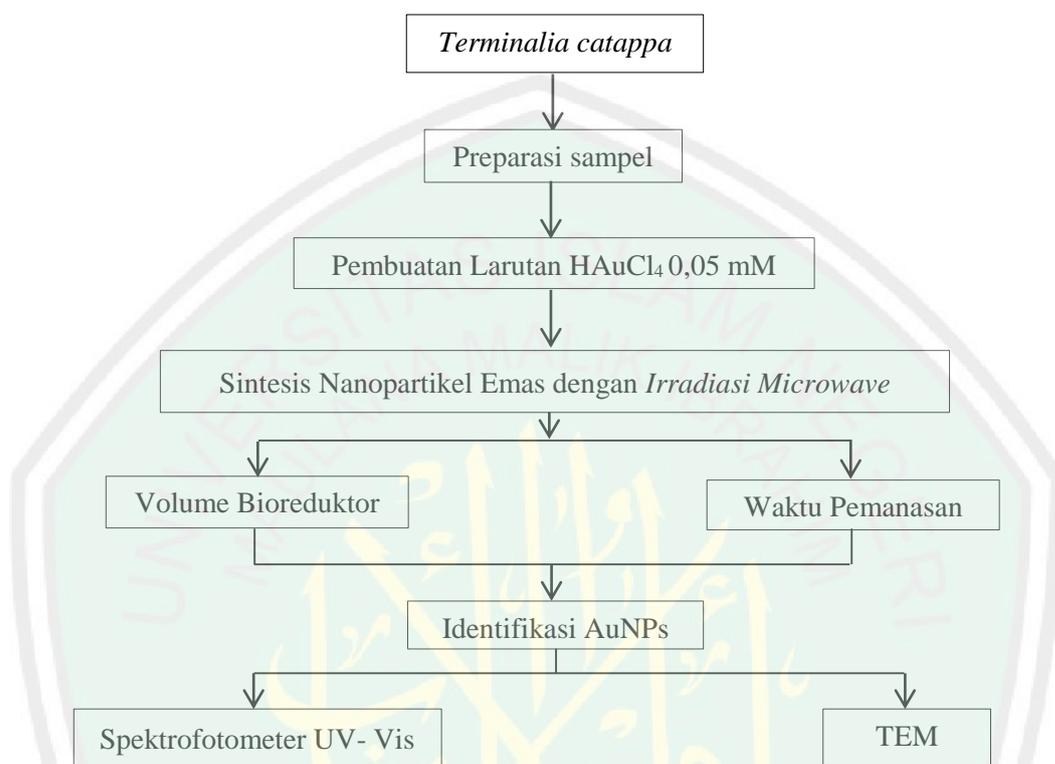
- Nagarajan, R dan Hatlon, T. A. 2008. *Nanoparticles: Synthesis, Stabilization, Passivation, and Functionalization*. Washington, DC: American Chemical Society
- Punuri, J.B., P. Sharma, S. Sibyala, R. Tamuli dan U. Bora. 2012. *Piper betle*-Mediated Green Synthesis of Biocompatible Gold Nanoparticles *International Nano Letters*, 2(18): 1-9
- Purnamasari, M. D. 2015. Sintesis Antibakteri Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle Linn*) dengan *Irradiasi Microwave*. *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Rahayu, D. S., Kusri, D., dan Fachriyah, Enny. 2009. Penentuan Aktivitas Antioksidan dari Ekstrak Etanol Daun Ketapang (*Terminalia catappa L*) dengan Metode 1,1-Difenil-2-Pikrilhidrazil (DPPH). Semarang: Universitas Diponegoro
- Respati, S. M. B. 2008. Macam- Macam Mikroskop dan Cara Penggunaan. *Momentum*, Vol. 4, No. 2, 42 – 44
- Rohiman, A., Buchari, Amran, M. B., Juliastuti, E., Idris, I. 2014. Sintesis, Karakterisasi, dan Aplikasi *Gold Nanoparticles* (AuNPs) pada Penumbuhan *Silicon Nanowires* (SiNWs). *Research and Development on Nanotechnology in Indonesia*. Vol. 1. No. 2. pp. 74-82
- Rosyidah, Siti. 2012. Pengaruh Preparasi Permukaan pada Modifikasi Plastik Menggunakan Nanopartikel Emas untuk Sensor Oksigen. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia
- Sarwina, H., Zakir, M., dan Dali, S. 2015. Pemanfaatan Fraksi Etil Asetat Daun Ketapang (*Terminalia catappa*) sebagai Bioreduktor dalam Sintesis Nanopartikel Emas dan Analisis Sifat Antibakterinya. *Jurnal Universitas Hasanuddin* : Makassar
- Shihab, Quraisy, M. 2002. Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an. Jakarta: Lentera Hati
- Subrahmanyam, N. S. 2001. *Laboratory Manual of Plant Taxonomy*. Delhi: Vikas Publishing House. Hal. 314
- Sang, M., L., Won, Y. L. 2002. Determination of Heavy Metal Ions Using Conductometric Biosensor Based on Sol-Gel-Immobilized Urease. *Bulletin of The Korean Chemical Society*, 23 (8), 1169-1171
- Shankar, S. S., Ahmad, A., dan Sastry, M. 2003. Geranium Leaf Assisted Biosynthesis of Silver Nanoparticles. *Biotechnology progress*, 19, 1627-1631

- Song, J.Y., Jang, H.-K., Kim, B.S., 2009. Biological Synthesis of Gold Nanoparticles using *Magnolia kobus* and *Diopyros kaki* Leaf Extracts. *Process Biochem.* 44, 1133–1138
- Sovawi, A. C., Harjono dan Kusuma, S. B. W. 2016. Sintesis Nanopartikel Emas dengan Bioreduktor Ekstrak Buah Jambu Biji Merah (*Psidium guajava* L.). *Indo. J. Chem. Sci.* 5 (3)
- Steenis, V. 2005. *Flora untuk Sekolah di Indonesia*. Jakarta: PT Pradnya Paramita
- Sukindro. 2011. Analisis Kadar Fosfor dalam Kacang Hijau dengan Metode Spektrofotometri Uv-Vis di Pasar Pekanbaru. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
- Surati, M. A., S. Jauhari, K. R. Desai. 2012. A Brief Review: Microwave Assisted Organic Reaction. *Scholars Research Library Archives of Applied Science Research*, 4(1): 645-661
- Thakkar, K. N., Mhatre, S. S dan Parikh, R.Y. (2010). Biological Synthesis of Metallic Nanoparticles. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 6, 257- 262
- Tsuzuki, T. 2009. Commercial Scale Production of Inorganic Nanoparticles. *International Journal of Nanotechnology*, Vol. 6, No. 5/6, Pp. 567-578
- Underwood, A. L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga
- Wang, B., Wang, X., Lou, W., Jingcheng, H. 2011. Ionic Liquid-Based Stable Nanofluids Containing Gold Nanoparticles. *Journal of Colloid and Interface Science* 362 5-14
- Yuniarsih, M. 2012. Uji Aktivitas Antidiabetes Ekstrak dan Fraksi dari Ekstrak N-Heksana Buah Ketapang (*Terminalia catappa* L.) sebagai Inhibitor A-Glukosidase dan Penapisan Fitokimia dari Fraksi Teraktif. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia. Hal. 3
- Zakir, M., Sekine, T., Takayama, T., Kudo, H., Lin, M., and Katsumura, Y., 2005, Technetium(IV) Oxide Colloids and The Precursor Produced by Bremsstrahlung Irradiation of Aqueous Pertechnetate Solution, *J. Nucl. Radiochem. Sci.*, 6(3): 243-247.

## DAFTAR LAMPIRAN

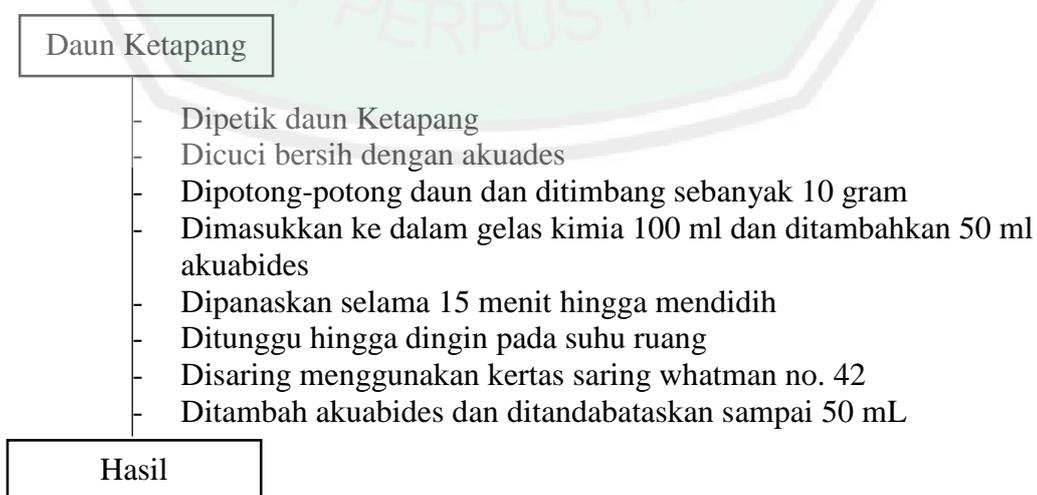
### Lampiran 1. Diagram Alir

#### 1. Rancangan Penelitian

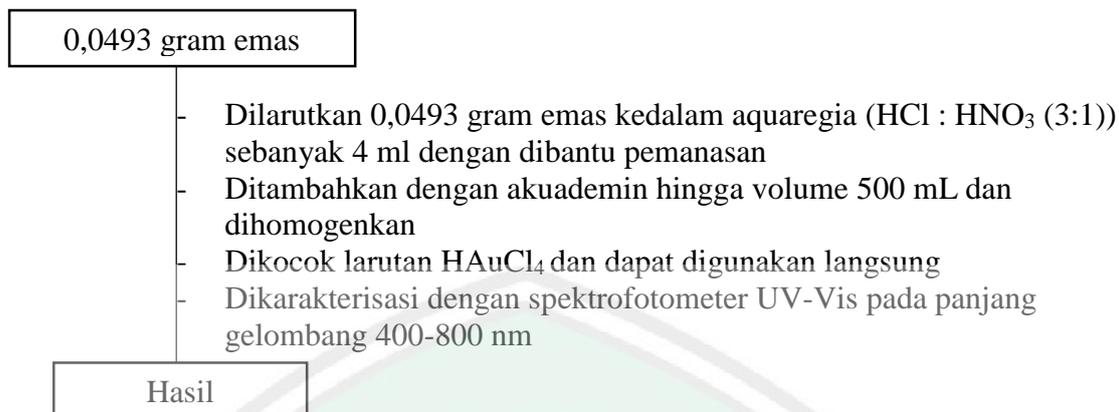


#### 2. Diagram Alir Kegiatan

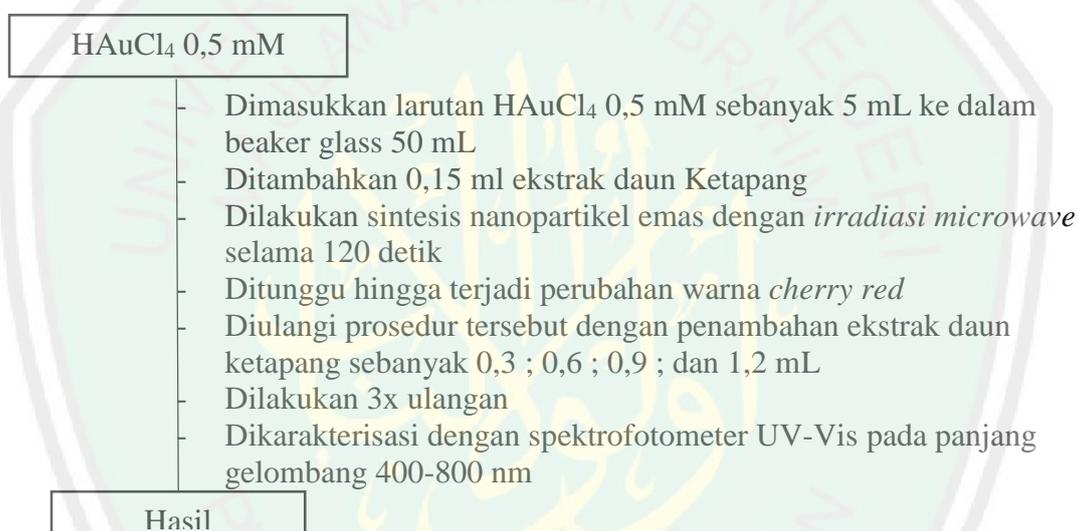
##### 1. Pemilihan dan Preparasi Sampel Bioreduktor Ekstrak Daun Ketapang



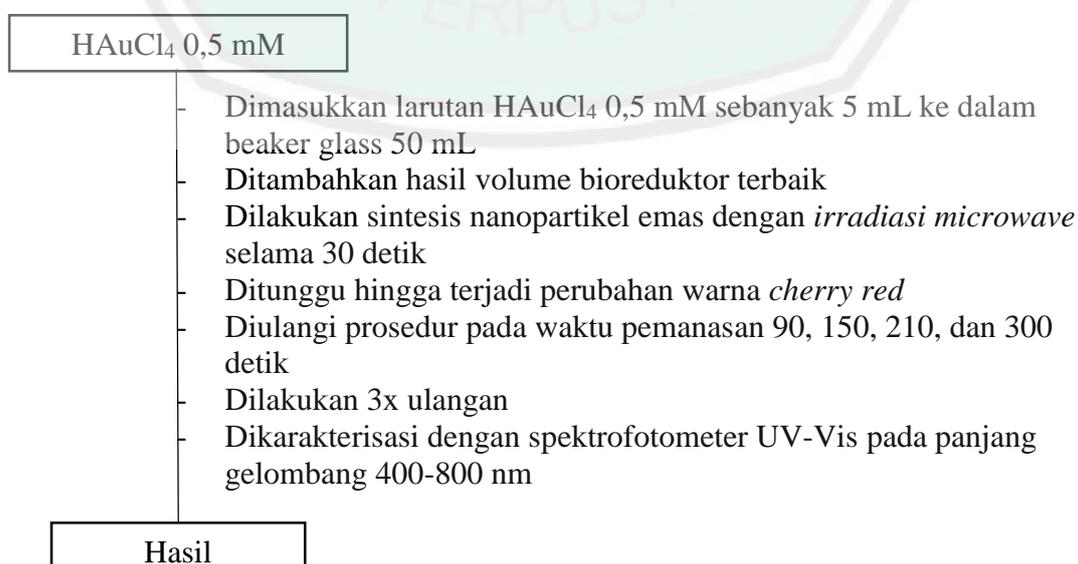
## 2. Pembuatan dan Penentuan $\lambda_{\max}$ Larutan H<sub>Au</sub>Cl<sub>4</sub> 0,5 mM



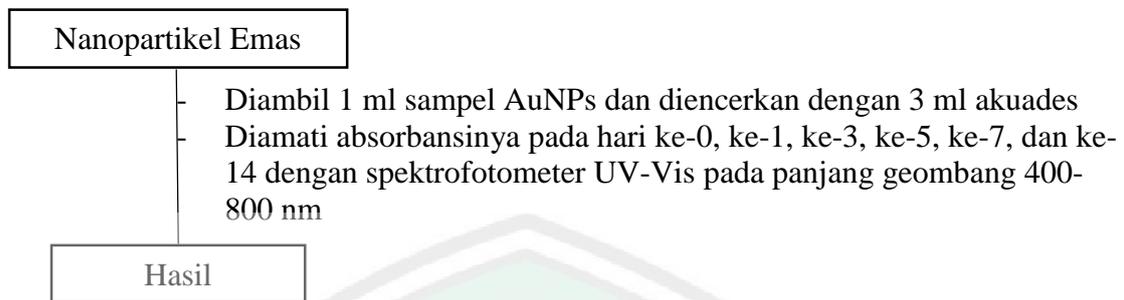
## 3. Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Volume Bioreduktor Menggunakan *Irradiasi Microwave*



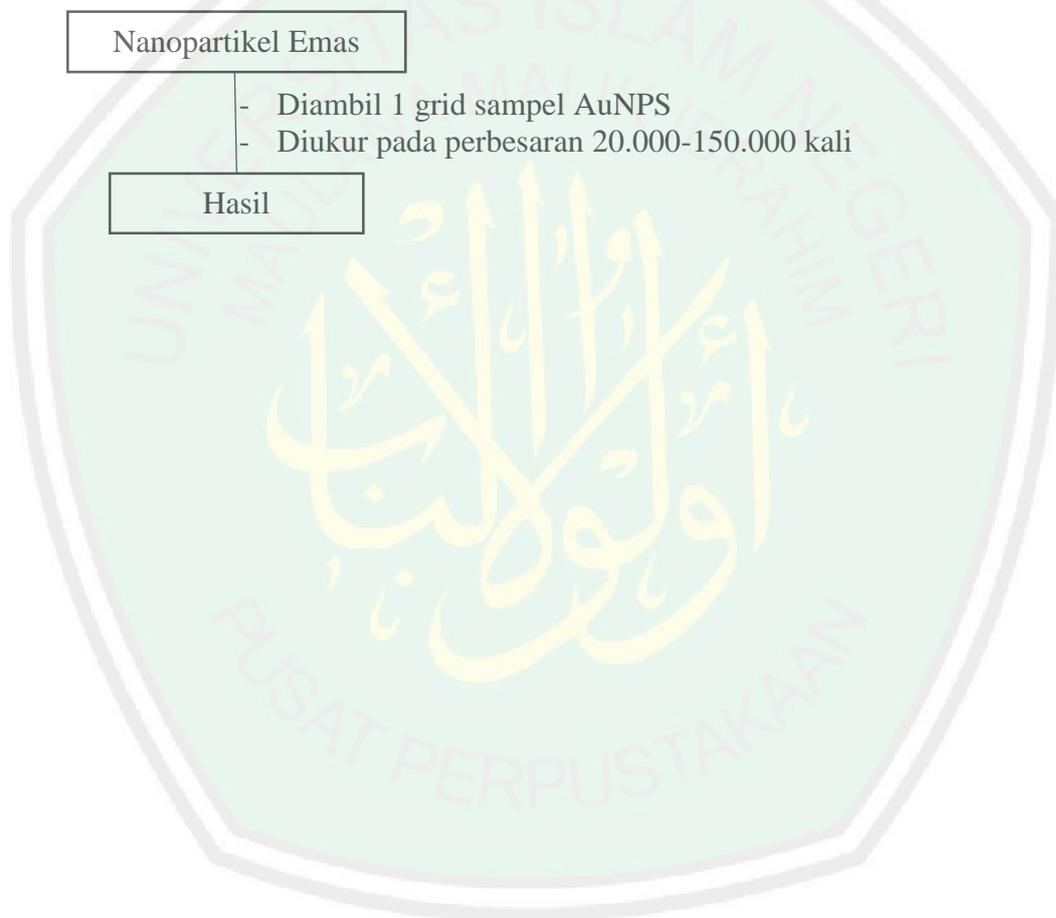
## 4. Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Waktu Pemanasan Menggunakan *Irradiasi Microwave*



### 5. Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan Spektrofotometer UV-Vis terhadap Pengaruh Waktu Kontak



### 6. Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan TEM



## Lampiran 2. Perhitungan

**Perhitungan****1. Pembuatan larutan H<sub>AuCl<sub>4</sub></sub> 0,5 mM**

- Mencari massa H<sub>AuCl<sub>4</sub></sub>

$$Mr. \text{H AuCl}_4 = 339,96 \text{ g/mol}$$

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

$$0,5 \times 10^{-3} \text{ M} = \frac{\text{massa (H AuCl}_4)}{339,96 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)} \times \frac{1000 \text{ (mL)}}{500 \text{ (mL)}}$$

$$0,5 \times 10^{-3} \text{ M} = \frac{\text{massa (H AuCl}_4)}{339,96 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)} \times 2 \text{ mL}$$

$$\text{massa H AuCl}_4 = \frac{0,5 \times 10^{-3} \text{ M} \times 339,96 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)}{2 \text{ mL}}$$

$$\text{massa H AuCl}_4 = 0,08499 \text{ gram}$$

- Mencari massa Au dalam larutan H<sub>AuCl<sub>4</sub></sub>

$$\text{Massa Au} = \frac{Ar (\text{Au})}{Mr (\text{H AuCl}_4)} \times \text{massa H AuCl}_4$$

$$= \frac{196,96 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)}{339,96 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)} \times 0,08499 \text{ gram}$$

$$= 0,5793 \times 0,08499 \text{ (gram)}$$

$$\text{Massa Au} = 0,0493 \text{ gram}$$

Note: larutan H<sub>AuCl<sub>4</sub></sub> 0,5 mM dibuat dengan melarutkan 0,0493 gram emas ke dalam larutan aquaregia (HCl : HNO<sub>3</sub> (3:1)) sebanyak 4 mL yang selanjutnya ditandabatkan dengan akuademin hingga 500 mL.

## Lampiran 3. Data Perhitungan Variasi

**1. Variasi Volume Bioreduktor**

Volume	Absorbansi 1	$\lambda_1$	V.Awal	V.Akhir	Abs.Terkoreksi
0.15	0.328	531	6.2	6.1	0.323
0.3	0.407	528.9	6.2	6.1	0.400
0.6	0.405	531	6.2	6.1	0.399
0.9	0.426	548	6.2	6.1	0.419
1.2	0.437	531	6.2	6.1	0.430

Volume	Absorbansi 2	$\lambda_2$	V.Awal	V.Akhir	Abs. Terkoreksi
0.15	0.365	542	6.2	6.1	0.359
0.3	0.424	531	6.2	6.1	0.417
0.6	0.442	535	6.2	6.1	0.435
0.9	0.426	535	6.2	6.1	0.419
1.2	0.459	531	6.2	6.1	0.452

Volume	Absorbansi 3	$\lambda_3$	V.Awal	V.Akhir	Abs. Terkoreksi
0.15	0.373	531	6.2	6.1	0.367
0.3	0.419	528.9	6.2	6.1	0.412
0.6	0.429	535	6.2	6.1	0.422
0.9	0.453	535	6.2	6.1	0.446
1.2	0.455	531	6.2	6.1	0.448

Volume bioreduktor (mL)	Rata-Rata Absorbansi
0.15	0.350
0.3	0.410
0.6	0.419
0.9	0.428
1.2	0.443

**2. Variasi Waktu Pemanasan**

Waktu	Absorbansi 1	$\lambda_1$	V.Awal	V.Akhir	Abs.Terkoreksi
30	0.475	530	6.2	6.1	0.467
90	0.431	525	6.2	6	0.417
150	0.464	525	6.2	5.9	0.442
210	0.51	530	6.2	5	0.411
300	0.487	530	6.2	2.4	0.189

Waktu	Absorbansi 2	$\lambda_2$	V.Awal	V.Akhir	Abs.Terkoreksi
30	0.439	530	6.2	6.1	0.432
90	0.433	527	6.2	6	0.419
150	0.47	530	6.2	5.9	0.447
210	0.518	530	6.2	4.9	0.409
300	0.515	530	6.2	2.5	0.208

Waktu	Absorbansi 3	$\lambda_3$	V.Awal	V.Akhir	Abs.Terkoreksi
30	0.441	530	6.2	6.1	0.434
90	0.44	527	6.2	6	0.426
150	0.47	529	6.2	5.9	0.447
210	0.524	530	6.2	4.9	0.414
300	0.497	530	6.2	2.5	0.200

Waktu (detik)	Rata-rata Absorbansi
30	0.444
90	0.421
150	0.445
210	0.412
300	0.199

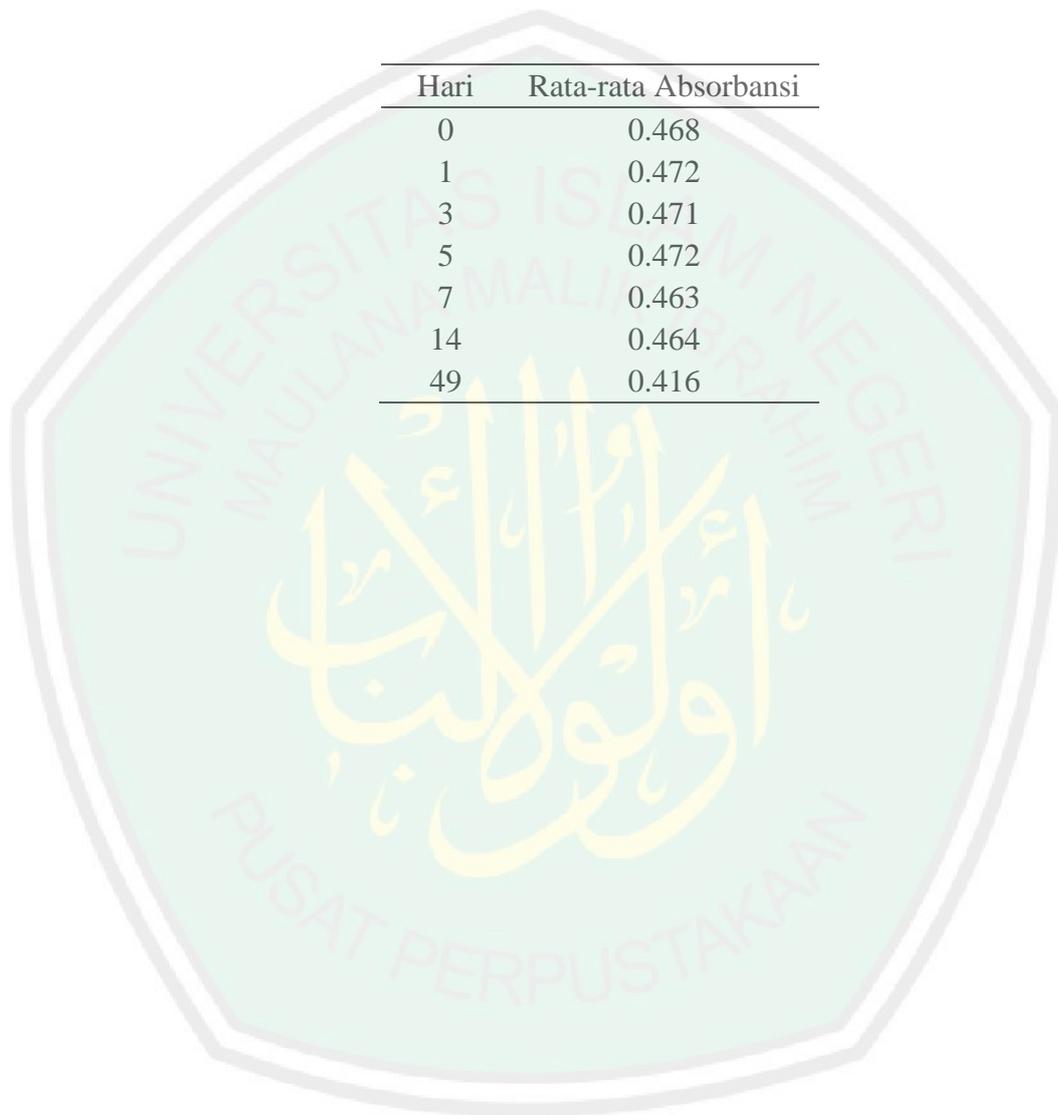
### 3. Waktu kontak (kestabilan)

Hari	Absorbansi 1	$\lambda_1$	V.Awal	V.Akhir	Abs.Terkoreksi
0	0.464	530	4	4	0.464
1	0.497	530.1	4	4	0.497
3	0.481	530	4	4	0.481
5	0.537	530	4	3.7	0.497
7	0.549	530	4	3.7	0.508
14	0.599	529.9	4	3.6	0.539

Hari	Absorbansi 2	$\lambda_2$	V.Awal	V.Akhir	A.Terkoreksi
0	0.47	530	4	4	0.47
1	0.46	529	4	4	0.46
3	0.472	530	4	4	0.472
5	0.5	530	4	3.7	0.463
7	0.479	530	4	3.7	0.443
14	0.476	529.9	4	3.6	0.428

Hari	Absorbansi 3	$\lambda 3$	V.Awal	V.Akhir	A.Terkoreksi
0	0.47	530	4	4	0.47
1	0.458	530	4	4	0.458
3	0.46	530	4	4	0.46
5	0.493	530	4	3.7	0.456
7	0.474	530	4	3.7	0.439
14	0.472	529	4	3.6	0.425

Hari	Rata-rata Absorbansi
0	0.468
1	0.472
3	0.471
5	0.472
7	0.463
14	0.464
49	0.416



## Lampiran 4. Hasil SPSS ONE WAY ANOVA

## 1. Volume Bioreduktor

## Oneway

[DataSet0]

## Descriptives

## ABSORBANSI

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Volume 0.15 ml	3	.34960	.023620	.013637	.29093	.40828	.323	.367
Volume 0.3 ml	3	.40995	.008596	.004963	.38859	.43130	.400	.417
Volume 0.6 ml	3	.41847	.018468	.010662	.37260	.46435	.398	.435
Volume 0.9 ml	3	.42798	.015337	.008855	.38988	.46608	.419	.446
Volume 1.2 ml	3	.44307	.011530	.006657	.41443	.47171	.430	.452
Total	15	.40982	.035948	.009282	.38991	.42972	.323	.452

## Test of Homogeneity of Variances

## ABSORBANSI

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.423	4	10	.296

## ANOVA

## ABSORBANSI

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.015	4	.004	14.364	.000
Within Groups	.003	10	.000		
Total	.018	14			

## Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: ABSORBANSI

(I) Volume Bioreduktor	(J) Volume Bioreduktor	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Volume 0.15 ml	Volume 0.3 ml	-.060344*	.013372	.008	-.10435	-.01634
	Volume 0.6 ml	-.068871*	.013372	.003	-.11288	-.02486
	Volume 0.9 ml	-.078382*	.013372	.001	-.12239	-.03437
	Volume 1.2 ml	-.093468*	.013372	.000	-.13747	-.04946
Volume 0.3 ml	Volume 0.15 ml	.060344*	.013372	.008	.01634	.10435
	Volume 0.6 ml	-.008527	.013372	.965	-.05253	.03548
	Volume 0.9 ml	-.018038	.013372	.670	-.06204	.02597
	Volume 1.2 ml	-.033124	.013372	.172	-.07713	.01088
Volume 0.6 ml	Volume 0.15 ml	.068871*	.013372	.003	.02486	.11288
	Volume 0.3 ml	.008527	.013372	.965	-.03548	.05253
	Volume 0.9 ml	-.009511	.013372	.949	-.05352	.03450
	Volume 1.2 ml	-.024597	.013372	.405	-.06860	.01941
Volume 0.9 ml	Volume 0.15 ml	.078382*	.013372	.001	.03437	.12239
	Volume 0.3 ml	.018038	.013372	.670	-.02597	.06204
	Volume 0.6 ml	.009511	.013372	.949	-.03450	.05352
	Volume 1.2 ml	-.015086	.013372	.789	-.05909	.02892
Volume 1.2 ml	Volume 0.15 ml	.093468*	.013372	.000	.04946	.13747
	Volume 0.3 ml	.033124	.013372	.172	-.01088	.07713
	Volume 0.6 ml	.024597	.013372	.405	-.01941	.06860
	Volume 0.9 ml	.015086	.013372	.789	-.02892	.05909
Volume 0.15 ml	Volume 0.3 ml	-.060344*	.013372	.001	-.09014	-.03055
	Volume 0.6 ml	-.068871*	.013372	.000	-.09866	-.03908
	Volume 0.9 ml	-.078382*	.013372	.000	-.10818	-.04859
	Volume 1.2 ml	-.093468*	.013372	.000	-.12326	-.06367
Volume 0.3 ml	Volume 0.15 ml	.060344*	.013372	.001	.03055	.09014
	Volume 0.6 ml	-.008527	.013372	.538	-.03832	.02127
	Volume 0.9 ml	-.018038	.013372	.207	-.04783	.01176
	Volume 1.2 ml	-.033124*	.013372	.033	-.06292	-.00333
Volume 0.6 ml	Volume 0.15 ml	.068871*	.013372	.000	.03908	.09866
	Volume 0.3 ml	.008527	.013372	.538	-.02127	.03832
	Volume 0.9 ml	-.009511	.013372	.493	-.03930	.02028
	Volume 1.2 ml	-.024597	.013372	.096	-.05439	.00520
Volume 0.9 ml	Volume 0.15 ml	.078382*	.013372	.000	.04859	.10818
	Volume 0.3 ml	.018038	.013372	.207	-.01176	.04783
	Volume 0.6 ml	.009511	.013372	.493	-.02028	.03930

	Volume 1.2 ml	-.015086	.013372	.286	-.04488	.01471
Volume 1.2 ml	Volume 0.15 ml	.093468*	.013372	.000	.06367	.12326
	Volume 0.3 ml	.033124*	.013372	.033	.00333	.06292
	Volume 0.6 ml	.024597	.013372	.096	-.00520	.05439
	Volume 0.9 ml	.015086	.013372	.286	-.01471	.04488

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

### Homogeneous Subsets

#### ABSORBANSI

	Volume bioreduktor	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Tukey HSD <sup>a</sup>	Volume 0.15 ml	3	.34960	
	Volume 0.3 ml	3		.40995
	Volume 0.6 ml	3		.41847
	Volume 0.9 ml	3		.42798
	Volume 1.2 ml	3		.44307
	Sig.		1.000	.172

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

A. Uses harmonic mean sample size = 3.000.

## 2. Waktu Pemanasan

### Oneway

[DataSet0]

### Descriptives

#### ABSORBANSI

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
30	3	.44438	.019906	.011493	.39493	.49383	.432	.467
90	3	.42065	.004573	.002640	.40928	.43201	.417	.426
150	3	.44535	.003296	.001903	.43717	.45354	.442	.447
210	3	.41160	.002386	.001378	.40567	.41753	.409	.414
300	3	.19886	.009665	.005580	.17485	.22287	.189	.208
Total	15	.38417	.097259	.025112	.33031	.43803	.189	.467

### Test of Homogeneity of Variances

#### ABSORBANSI

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
6.417	4	10	.008

### ANOVA

#### ABSORBANSI

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.131	4	.033	311.533	.000
Within Groups	.001	10	.000		
Total	.132	14			

### Post Hoc Tests

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: ABSORBANSI

(I) Waktu Pemanasan	(J) Waktu Pemanasan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
					Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	30	90	.023737	.008384	.102	-.00385	.05133
		150	-.000973	.008384	1.000	-.02856	.02662
		210	.032780*	.008384	.019	.00519	.06037
		300	.245522*	.008384	.000	.21793	.27311
	90	30	-.023737	.008384	.102	-.05133	.00385
		150	-.024710	.008384	.085	-.05230	.00288
		210	.009043	.008384	.813	-.01855	.03663
		300	.221785*	.008384	.000	.19419	.24938
	150	30	.000973	.008384	1.000	-.02662	.02856
		90	.024710	.008384	.085	-.00288	.05230
		210	.033753*	.008384	.016	.00616	.06134
		300	.246495*	.008384	.000	.21890	.27409
210	30	-.032780*	.008384	.019	-.06037	-.00519	
	90	-.009043	.008384	.813	-.03663	.01855	
	150	-.033753*	.008384	.016	-.06134	-.00616	
	300	.212742*	.008384	.000	.18515	.24033	
300	30	-.245522*	.008384	.000	-.27311	-.21793	
	90	-.221785*	.008384	.000	-.24938	-.19419	
	150	-.246495*	.008384	.000	-.27409	-.21890	
	210	-.212742*	.008384	.000	-.24033	-.18515	
LSD	30	90	.023737*	.008384	.018	.00506	.04242
		150	-.000973	.008384	.910	-.01965	.01771
		210	.032780*	.008384	.003	.01410	.05146
		300	.245522*	.008384	.000	.22684	.26420
	90	30	-.023737*	.008384	.018	-.04242	-.00506
		150	-.024710*	.008384	.015	-.04339	-.00603
		210	.009043	.008384	.306	-.00964	.02772
		300	.221785*	.008384	.000	.20311	.24046
	150	30	.000973	.008384	.910	-.01771	.01965
		90	.024710*	.008384	.015	.00603	.04339
		210	.033753*	.008384	.002	.01507	.05243
		300	.246495*	.008384	.000	.22781	.26517
210	30	-.032780*	.008384	.003	-.05146	-.01410	
	90	-.009043	.008384	.306	-.02772	.00964	
	150	-.033753*	.008384	.002	-.05243	-.01507	
	300	.212742*	.008384	.000	.19406	.23142	
300	30	-.245522*	.008384	.000	-.26420	-.22684	

	90	-.221785*	.008384	.000	-.24046	-.20311
	150	-.246495*	.008384	.000	-.26517	-.22781
	210	-.212742*	.008384	.000	-.23142	-.19406

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

### Homogeneous Subsets

#### ABSORBANSI

	Waktu Pemanasan	N	Subset for alpha = 0.05		
			1	2	3
Tukey HSD <sup>a</sup>	300	3	.19886		
	210	3		.41160	
	90	3		.42065	.42065
	30	3			.44438
	150	3			.44535
	Sig.		1.000	.813	.085

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

### 3. Waktu kontak (Kestabilan)

**Oneway**

[DataSet0]

#### Descriptives

##### ABSORBANSI

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Hari ke 0	3	.46800	.003464	.002000	.45939	.47661	.464	.470
Hari ke 1	3	.47167	.021962	.012680	.41711	.52622	.458	.497
Hari ke 3	3	.47100	.010536	.006083	.44483	.49717	.460	.481
Hari ke 5	3	.47175	.021870	.012627	.41742	.52608	.456	.497
Hari ke 7	3	.46312	.038788	.022394	.36676	.55947	.438	.508
Hari ke 14	3	.46410	.064977	.037514	.30269	.62551	.425	.539
Total	18	.46827	.028538	.006727	.45408	.48246	.425	.539

#### Test of Homogeneity of Variances

##### ABSORBANSI

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
6.705	5	12	.003

#### ANOVA

##### ABSORBANSI

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	5	.000	.040	.999
Within Groups	.014	12	.001		
Total	.014	17			

**Post Hoc**

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: ABSORBANSI

	(I) Waktu Kontak (Kestabilan)	(J) Waktu Kontak (Kestabilan)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% confidence interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Hari ke 0	Hari ke 1	-.003667	.027508	1.000	-.09606	.08873
		Hari ke 3	-.003000	.027508	1.000	-.09540	.08940
		Hari ke 5	-.003750	.027508	1.000	-.09615	.08865
		Hari ke 7	.004883	.027508	1.000	-.08751	.09728
		Hari ke 14	.003900	.027508	1.000	-.08850	.09630
	Hari ke 1	Hari ke 0	.003667	.027508	1.000	-.08873	.09606
		Hari ke 3	.000667	.027508	1.000	-.09173	.09306
		Hari ke 5	-.000083	.027508	1.000	-.09248	.09231
		Hari ke 7	.008550	.027508	1.000	-.08385	.10095
		Hari ke 14	.007567	.027508	1.000	-.08483	.09996
	Hari ke 3	Hari ke 0	.003000	.027508	1.000	-.08940	.09540
		Hari ke 1	-.000667	.027508	1.000	-.09306	.09173
		Hari ke 5	-.000750	.027508	1.000	-.09315	.09165
		Hari ke 7	.007883	.027508	1.000	-.08451	.10028
		Hari ke 14	.006900	.027508	1.000	-.08550	.09930
	Hari ke 5	Hari ke 0	.003750	.027508	1.000	-.08865	.09615
		Hari ke 1	.000083	.027508	1.000	-.09231	.09248
		Hari ke 3	.000750	.027508	1.000	-.09165	.09315
		Hari ke 7	.008633	.027508	.999	-.08376	.10103
		Hari ke 14	.007650	.027508	1.000	-.08475	.10005
Hari ke 7	Hari ke 0	-.004883	.027508	1.000	-.09728	.08751	
	Hari ke 1	-.008550	.027508	1.000	-.10095	.08385	
	Hari ke 3	-.007883	.027508	1.000	-.10028	.08451	
	Hari ke 5	-.008633	.027508	.999	-.10103	.08376	
	Hari ke 14	-.000983	.027508	1.000	-.09338	.09141	
Hari ke 14	Hari ke 0	-.003900	.027508	1.000	-.09630	.08850	
	Hari ke 1	-.007567	.027508	1.000	-.09996	.08483	
	Hari ke 3	-.006900	.027508	1.000	-.09930	.08550	
	Hari ke 5	-.007650	.027508	1.000	-.10005	.08475	
	Hari ke 7	.000983	.027508	1.000	-.09141	.09338	
LSD	Hari ke 0	Hari ke 1	-.003667	.027508	.896	-.06360	.05627
		Hari ke 3	-.003000	.027508	.915	-.06293	.05693
		Hari ke 5	-.003750	.027508	.894	-.06368	.05618
		Hari ke 7	.004883	.027508	.862	-.05505	.06482
		Hari ke 14	.003900	.027508	.890	-.05603	.06383
	Hari ke 1	Hari ke 0	.003667	.027508	.896	-.05627	.06360
		Hari ke 3	.000667	.027508	.981	-.05927	.06060

	Hari ke 5	-.000083	.027508	.998	-.06002	.05985
	Hari ke 7	.008550	.027508	.761	-.05138	.06848
	Hari ke 14	.007567	.027508	.788	-.05237	.06750
Hari ke 3	Hari ke 0	.003000	.027508	.915	-.05693	.06293
	Hari ke 1	-.000667	.027508	.981	-.06060	.05927
	Hari ke 5	-.000750	.027508	.979	-.06068	.05918
	Hari ke 7	.007883	.027508	.779	-.05205	.06782
	Hari ke 14	.006900	.027508	.806	-.05303	.06683
Hari ke 5	Hari ke 0	.003750	.027508	.894	-.05618	.06368
	Hari ke 1	.000083	.027508	.998	-.05985	.06002
	Hari ke 3	.000750	.027508	.979	-.05918	.06068
	Hari ke 7	.008633	.027508	.759	-.05130	.06857
	Hari ke 14	.007650	.027508	.786	-.05228	.06758
Hari ke 7	Hari ke 0	-.004883	.027508	.862	-.06482	.05505
	Hari ke 1	-.008550	.027508	.761	-.06848	.05138
	Hari ke 3	-.007883	.027508	.779	-.06782	.05205
	Hari ke 5	-.008633	.027508	.759	-.06857	.05130
	Hari ke 14	-.000983	.027508	.972	-.06092	.05895
Hari ke 14	Hari ke 0	-.003900	.027508	.890	-.06383	.05603
	Hari ke 1	-.007567	.027508	.788	-.06750	.05237
	Hari ke 3	-.006900	.027508	.806	-.06683	.05303
	Hari ke 5	-.007650	.027508	.786	-.06758	.05228
	Hari ke 7	.000983	.027508	.972	-.05895	.06092

Homogeneous

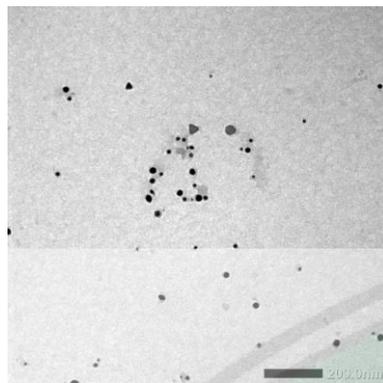
#### ABSORBANSI

	Waktu Kontak (Kestabilan)	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	
Tukey HSD <sup>a</sup>	Hari ke 7	3	.46312	
	Hari ke 14	3	.46410	
	Hari ke 0	3	.46800	
	Hari ke 3	3	.47100	
	Hari ke 1	3	.47167	
	Hari ke 5	3	.47175	
	Sig.			.999

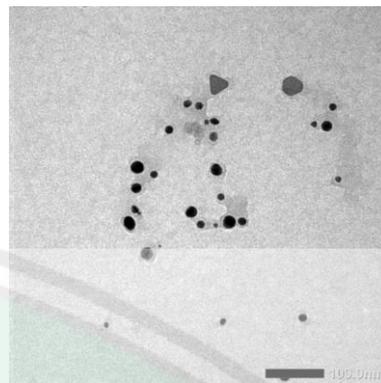
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

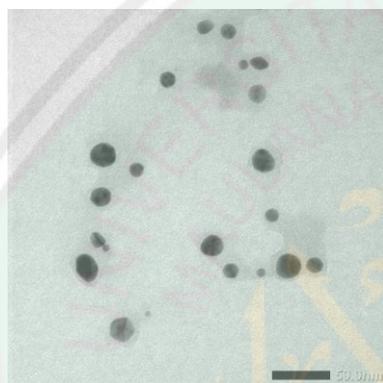
## Lampiran 5. Gambar Analisa TEM



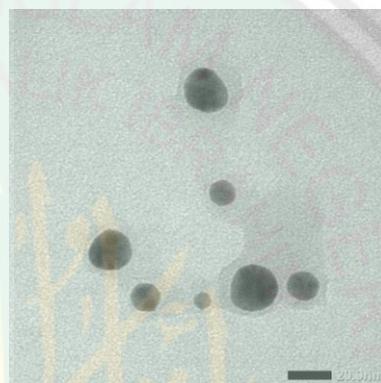
Skala 200 nm



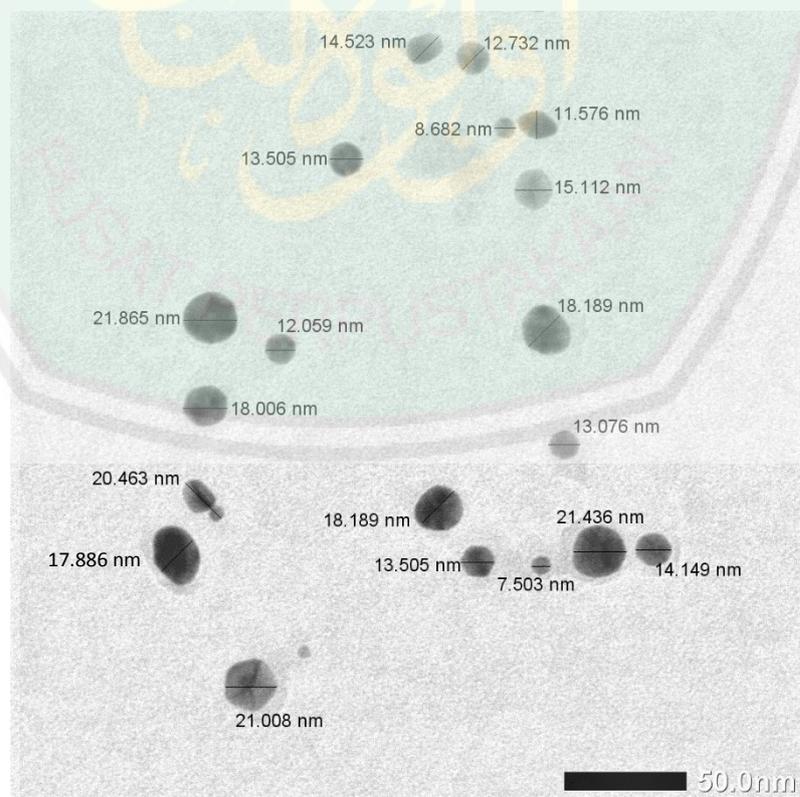
Skala 100 nm



Skala 50 nm

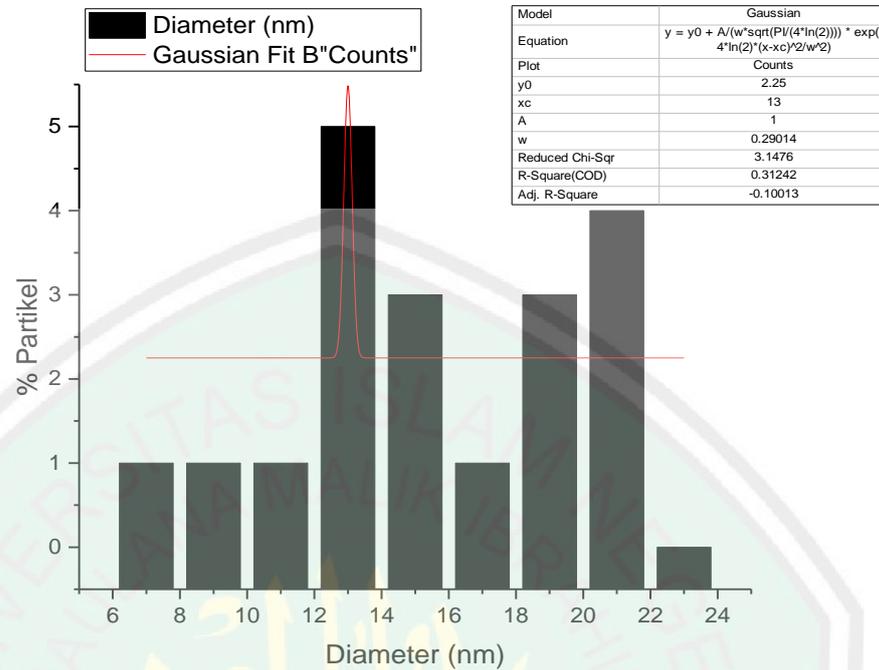


Skala 20 nm



## Lampiran 6. Hasil Origin analisa TEM pada skala 50 nm

## 1. Grafik Gaussian



	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length
1	4.756	141.396	102.858	219.5	45	14.523
2	4.239	138.081	114.059	189.875	45	12.732
3	3.825	124.685	97.333	202.667	90	11.576
4	2.895	158.203	132.926	221	0	8.682
5	4.963	158.583	125	196	0	15.112
6	5.997	93.381	59.56	191	45	18.189
7	4.446	106.674	75	188	0	13.505
8	7.134	77.855	56.5	159	0	21.865
9	4.032	116.666	92.591	196	0	12.059
10	5.893	83.649	42	184	0	18.006
11	4.342	121.979	94	239.889	0	13.076
12	5.997	70.732	44.909	160	45	18.189
13	4.446	113.527	78.667	173.111	0	13.505
14	2.481	133.229	109.725	186.222	0	7.503
15	7.03	87.488	64	189.667	0	21.436
16	4.653	108.852	80.717	170	0	14.149
17	6.72	106.612	48.364	192.25	135	20.463
18	5.893	69.359	48.394	129.333	45	17.886
19	6.824	126.41	75.505	196.444	0	21.008

Ukuran rata- rata NP ( $x_c$ ) = 13 nm

$W = 0.29$  nm

Jadi, standart deviation ( $\sigma$ ) =  $w/2 = 0.145$  nm

Sehingga, ukuran NP dengan tingkat error =  $x_c \pm \sigma = 13 \pm 0.145$  nm

Polydispersity (tingkat keseragaman ukuran NP):

$(\sigma/x_c) \times 100\% = (0.145/13) \times 100\% = 1.12 \%$

