

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR
EKSTRAK DAUN MURBEI (*Morus alba L.*)**

SKRIPSI

**Oleh:
FADIA BAYU PUTRI
NIM. 19630046**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR
EKSTRAK DAUN MURBEI (*Morus alba L.*)**

SKRIPSI

**Oleh:
FADIA BAYU PUTRI
NIM. 19630046**

**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)**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR
EKSTRAK DAUN MURBEI (*Morus alba L.*)**

SKRIPSI

**Oleh:
FADIA BAYU PUTRI
NIM. 19630046**

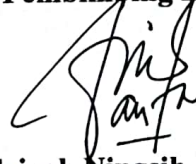
**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal : 18 Desember 2023**

Pembimbing I



**Diana Candra Dewi. M.Si
NIP. 19770720 200312 2 001**

Pembimbing II



**Anita Andriyah Ningsih, S.S.M.Pd
NIDT. 1985040220 160801 2 087**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi
Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang**



**Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811200801 2 010**

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR
EKSTRAK DAUN MURBEI (*Morus alba L.*)**

SKRIPSI

Oleh:
FADIA BAYU PUTRI
NIM. 19630046

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 18 Desember 2023**

Penguji Utama	: Elok Kamilah Hayati, M.Si NIP. 19790620 200604 2 002	 (.....)
Ketua Penguji	: Ahmad Hanapi, M.Sc NIDT. 19851225 20160801 1 069	 (.....)
Sekretaris Penguji	: Diana Candra Dewi, M.Si NIP.19770720 200312 2 001	 (.....)
Anggota Penguji	: Anita Andriyah Ningsih, S.S, M.Pd NIDT. 19851020 201903 2 012	 (.....)

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang


Rachmawan Ningsih, M.Si
NIP. 19810813 200801 2 010

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fadia Bayu Putri
NIM : 19630046
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Bioreduktor
Esktrak Daun Murbei (*Morus alba L.*)

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

Malang, 18 Desember 2023
Yang membuat pernyataan,



Fadia Bayu Putri
NIM. 19630046

MOTTO

Wanna turn the “you are ur own home” to be the “she’s my own home”

“May the odds be ever in your favor”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, dengan mengucap rasa syukur kepada Allah SWT berkat Rahmat dan karunia-Nya membuat penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi untuk mengakhiri perkuliahan ini. Maka dari itu, penulis persembahkan tulisan ini kepada:

Kedua orangtua penulis yaitu Bapak Sri Mulyono Bayu Putro tercinta dan Ibu Ratna Wahyu Wardani tersayang atas seluruh dukungan moral serta material yang selalu dilimpahkan kepada penulis selama proses penggarapan tugas skripsi ini. Terimakasih banyak atas segala doa yang diberikan kepada penulis. Terimakasih telah menjadi orangtua penulis. Penulis berharap saat penulis sedang dalam proses pengerjaan tugas tesis, kalian tetap berada di samping penulis.

Bapak dan Ibu Dosen Kimia UIN Malang, terkhusus untuk Ibu Diana Candra Dewi, M.Si. yang telah membantu dan membimbing penulis selama proses pengerjaan skripsi, Ibu Anita Andriyah Ningsih, S.S. M. Pd, Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si, dan Bapak Ahmad Hanapi, M.Sc yang turut serta membimbing dan memberi masukan penyelesaian skripsi penulis serta Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si selaku dosen wali yang turut serta memberikan dukungan dan motivasi terhadap penulis selama menempuh perkuliahan.

Teman-teman penulis, yaitu Chelina Nur Fatikhin yang selalu penulis usik ketenangan hidupnya untuk membantu penulis dari awal perkuliahan sampai penulis menyelesaikan naskah skripsi, Dhiya Sofiy Charisha yang secara sukarela (ataupun terpaksa) membantu penulis dalam mengurus legalisir *fotocopy* ijazah agar penulis dapat mendaftarkan diri mengikuti sidang skripsi tahun ini.

Terakhir dan yang paling penting, terimakasih kepada diri penulis atas *blood, sweat, and tears* yang sudah dikerahkan agar dapat menyelesaikan skripsi ini bersamaan dengan teman-teman angkatan 2019 lainnya di tahun 2023 ini. Sukses terus semuanya...

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian dengan judul “**Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Murbei (*Morus alba L.*)**”. Shalawat serta salam tak lupa selalu penulis haturkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW serta keluarga, dan sahabat yang telah membimbing kita dari jalan yang gelap menuju jalan yang terang benderang.

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 terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan proposal penelitian ini dengan baik.
2. Kedua orangtua penulis, Bapak Sri Mulyono Bayu Putro dan Ratna Wahyu Wardani beserta adik penulis yang telah memberikan semangat penuh, do’a, dan dukungan moral maupun materi sehingga penyusunan proposal penelitian dapat diselesaikan.
3. Bapak Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si, selaku ketua program studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan juga dosen wali yang telah memberikan dukungan dan juga nasehat selama menempuh perkuliahan.
6. Ibu Diana Candra Dewi, M.Si, selaku dosen pembimbing penelitian yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, dan memberi masukan dalam penulisan proposal penelitian ini.
7. Ibu Anita Andriya Ningsih, S.S., M.Pd, selaku dosen pembimbing agama yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, dan memberikan nasehat dalam penulisan proposal penelitian ini.

8. Seluruh dosen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, pengalaman, dan wawasannya sebagai pedoman dan bekal bagi penulis.
9. Semua kawan-kawan penulis, baik itu teman kos, teman semasa sekolah, teman kuliah satu jurusan, satu kamar mahad Fatimah Az-Zahra nomor 56, dan teman-teman penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas segala bantuan dan motivasinya kepada penulis.
10. Sakusa Kiyoomi, Itoshi Rin, Geto Suguru, Haitani Ran, dan segenap karakter anime, *Webtoon*, *Manhwa*, dan *Manga* yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas bantuannya dalam meningkatkan *mood* penulis.
11. Berbagai macam persediaan mie instan beserta sosis kanzler dan telur setengah matang tidak lupa mie gacoan dan dimsumnya sebagai alternatif sumber energi penulis selama masa pengerjaan.

Sebagai seorang manusia dengan keterbatasan ilmu pengetahuan yang dikuasai, penulis menyadari bahwa proposal penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat dibutuhkan untuk menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini dikemudian hari dapat menjadi rujukan dalam penulisan laporan selanjutnya.

Malang, 17 Desember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
ملخص البحث.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Nanopartikel Emas	7
2.1.1 Logam Emas.....	7
2.1.2 Sifat Nanopartikel Emas (AuNPs)	8
2.1.3 Manfaat Nanopartikel Emas.....	10
2.2 Daun Murbei (<i>Morus alba L.</i>)	11
2.2.1 Morfologi dan Identifikasi Daun Murbei	12
2.3 Sintesis Nanopartikel Emas.....	14
2.4 Karakterisasi Nanopartikel Emas	18
2.4.1. Spektrofotometer UV-Vis	18
2.4.2. <i>Transmission Electron Microscopy</i> (TEM).....	21
BAB III METODOLOGI	24
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 Penelitian	24
3.3 Rancangan Penelitian	24
3.4 Tahap Penelitian	26
3.5 Pelaksanaan Penelitian	26

3.5.1	Pemilihan dan Preparasi Sampel Bioreduktor Ekstrak Daun Murbei	26
3.5.2	Pembuatan dan Penentuan λ_{maks} Larutan H ₂ AuCl ₄ 0,5 mM.....	26
3.5.3	Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas.....	27
3.5.3.1	Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Volume Bioreduktor	27
3.5.3.2	Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Waktu Pemanasan .	28
3.5.3.3	Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Suhu Pemanasan....	29
3.5.4	Waktu Kestabilan Nanopartikel Emas	29
3.5.5	Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan TEM (Transmission Electron Microscopy)	30
3.5.6	Analisa Data	30
3.5.6.1	Hubungan antara Volume Bioreduktor, Waktu, dan Suhu Pemanasan dengan Absorbansi	30
3.5.6.2	Hubungan Waktu Kontak daun Murbei dengan Absorbansi.....	31
3.5.6.3	Analisa Hasil TEM dengan Image J dan Origin.....	32
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1	Pemilihan dan Preparasi Sampel Bioreduktor Ekstrak Daun Murbei	33
4.2	Penentuan λ_{max} Larutan H ₂ AuCl ₄ 0,5 mM.....	34
4.3	Sintesis Nanopartikel Emas.....	36
4.3.1	Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Volume.....	39
4.3.2	Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Waktu	43
4.3.3	Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Suhu	46
4.4	Waktu Kestabilan Nanopartikel Emas	49
4.5	Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan TEM	50
4.6	Relevansi Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam	52
BAB V	PENUTUP	56
5.1	Kesimpulan.....	56
5.2	Saran.....	56
	DAFTAR PUSTAKA	57
	LAMPIRAN.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bentuk-bentuk nanopartikel emas (Bharadwaj et al., 2021)	9
Gambar 2.2	Tanaman murbei (<i>Morus alba</i> L.) (Arshad et al., 2014)	13
Gambar 2.3	Struktur quercetin.....	14
Gambar 2.4	Skema sintesis nanopartikel emas (Santhosh et al., 2022).....	16
Gambar 2.5	Perkiraan mekanisme reaksi sintesis nanopartikel emas dengan flavonoid (a) reduksi Au ³⁺ menjadi Au ⁰ dan (b) stabilisasi AuNPs	17
Gambar 2.6	(a) Spektra UV-Vis hasil sintesis nanopartikel emas, (b) Waktu kestabilan, (c) Pengaruh penambahan volume bioreduktor terhadap warna.....	20
Gambar 2.7	Skema dari TEM (Karlík, 2001)	22
Gambar 2.8	Hasil TEM nanopartikel emas dari ekstrak bunga lonceng china pada tingkat pembesaran rendah (a) dan pembesaran lebih tinggi (b).....	23
Gambar 4.1	Daun Murbei (<i>Morus alba</i> L.)	33
Gambar 4.2	Spektrum UV-Vis H ₂ AuCl ₄	36
Gambar 4.3	Mekanisme pertumbuhan dan pembentukan nanopartikel emas (Apyari et al., 2014).....	38
Gambar 4.4	Hasil Sintesis AuNPs dengan Variasi Volume Bioreduktor	40
Gambar 4.5	Grafik hubungan variasi volume bioreduktor dengan absorbansi...	42
Gambar 4.6	Grafik hubungan variasi waktu pemanasan dengan absorbansi.....	43
Gambar 4.7	Grafik hubungan absorbansi dengan variasi suhu pemanasan	47
Gambar 4.8	Grafik hubungan kestabilan dengan absorbansi.....	50
Gambar 4.9	Hasil karakterisasi nanopartikel emas dengan perbesaran 150000 .	51
Gambar 4.10	Plot histogram distribusi nanopartikel emas	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Data bahan emas	8
Tabel 3.1	Perbandingan volume bioreduktor dan waktu pemanasan.....	25
Tabel 3.2	Variasi volume bioreduktor pada sintesis nanopartikel emas	27
Tabel 3.3	Variasi waktu pemanasan pada sintesis nanopartikel emas	28
Tabel 3.4	Variasi suhu pemanasan pada sintesis nanopartikel emas	29
Tabel 4.1	Hasil nanopartikel emas terhadap variasi volume.....	41
Tabel 4.2	Hubungan data absorbansi AuNPs dengan variasi waktu.....	45
Tabel 4.3	Hubungan data absorbansi AuNPs dengan variasi suhu.....	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian	66
Lampiran 2. Diagram Alir.....	67
Lampiran 3. Perhitungan Massa Au.....	70
Lampiran 4. Data Perhitungan Variasi.....	71
Lampiran 5. Hasil SPSS <i>One Way ANOVA</i>	73
Lampiran 6. Gambar Analisa TEM.....	79
Lampiran 7. Hasil Origin Analisa TEM pada Skala 50 nm	80

ABSTRAK

Putri, Fadia Bayu. 2023. **Sintesis Nanopartikel Emas dengan Bioreduktor Ekstrak Daun Murbei (*Morus alba L.*)**. Proposal Penelitian. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Dosen Pembimbing 1: Diana Candra Dewi, M.Si; Pembimbing 2: Anita Andriya Ningsih, S.S, M.Pd

Kata Kunci : *nanopartikel, AuNPs, Morus alba L., spektrofotometer UV-Vis, TEM*

Nanopartikel emas (AuNPs) merupakan partikel emas kecil yang memiliki diameter 1-100 nm setelah terdispersi dalam air dengan cara mereduksi ion logam Au^{3+} menjadi Au^0 dengan bantuan bioreduktor berbasis tumbuhan. Kelebihan bioreduktor bahan alam yakni aman, ekonomis, proses sederhana, serta tidak bersifat toksik. Bioreduktor berfungsi sebagai agen pereduksi dan penstabil dalam pembentukan AuNPs.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis AuNPs dengan metode sintesis menggunakan larutan HAuCl_4 dan ekstrak air daun murbei. Dilakukan variasi volume bioreduktor (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 dan 4 mL), waktu pemanasan (15, 25, dan 35 menit), dan suhu pemanasan (50, 60, 70, 80, dan 90°C). Variasi volume bioreduktor, waktu, dan suhu pemanasan yang optimum akan dilanjutkan ke uji lama waktu kestabilan kemudian dikarakterisasi menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis serta diidentifikasi ukuran dan morfologi AuNPs menggunakan instrumen *Transmission Electron Microscopy* (TEM).

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa diperoleh volume optimum pada bioreduktor sebesar 3 mL dengan waktu pemanasan optimum selama 25 menit dan suhu optimum sebesar 70°C menghasilkan AuNPs yang stabil hingga hari ke-21. Analisa TEM menunjukkan hasil AuNPs memiliki ukuran rata-rata 12nm dengan polidispersitas sebesar 0,51

ABSTRACT

Putri, Fadia Bayu. 2023. **Synthesis of Gold Nanoparticles with Mulberry Leaf Extract Bioreductors (*Morus alba L.*)**. Research proposal. Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor 1: Diana Candra Dewi, M.Si; Advisor 2: Anita Andriya Ningsih, S.S., M.Pd

Keywords : *nanoparticles, AuNPs, Morus alba L., UV-Vis spectrophotometer, TEM*

Gold nanoparticles (AuNPs) are small gold particles that have a diameter of 1-100 nm after dispersing in water by reducing Au^{3+} metal ions to Au^0 with the help of plant-based bioreductors. The advantages of natural material bioreductors are safe, economical, simple process, and non-toxic. Bioreductors work as reducing and stabilizing agents in the formation of AuNPs.

In this research, the synthesis of AuNPs using HAuCl_4 solution and mulberry leaf aqueous extract was made with various bioreductor volumes (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 and 4 mL), heating times (15, 25, and 35 minutes), and heating temperatures (50, 60, 70, 80, and 90°C). The optimum variation of bioreductor volume, heating time, and temperature will be continued to the test of stability time and then characterized using UV-Vis spectrophotometer instrument and identified the size and morphology of AuNPs using Transmission Electron Microscopy (TEM) instrument.

The characterization results showed that the optimum volume obtained within the bioreductor at the volume of 3 mL using the optimum heating time of 25 minutes and the optimum temperature of 70°C produced AuNPs that were stable until the 21st day. TEM analysis showed that the AuNPs had an average size of 12nm with a polydispersity of 0.51%.

ملخص البحث

فوتري، فاديا بايو. ٢٠٢٣. تخليق جسيمات الذهب النانوية مع عامل الاختزال الحيوي لمستخلص أوراق التوت (موروس ألبا ل.). بحث جامعي. قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية، مالانج. المشرفة الأولى: ديانا جنديرا ديوي، الماجستير؛ المشرفة الثانية: أنيتا أندريا نينجسية، الماجستير

الكلمات الرئيسية: الجسيمات النانوية، AuNPs، موروس ألبا ل، مقياس الطيف الضوئي للأشعة المرئية وفوق البنفسجية، TEM

جسيمات الذهب النانوية (AuNPs) هي جزيئات ذهب صغيرة يبلغ قطرها ١-١٠٠ نانومتر بعد تشتيتها في الماء عن طريق تقليل أيونات المعادن Au^{3+} إلى Au^0 بمساعدة عوامل الاختزال الحيوي النباتية. مزاي عوامل الاختزال الحيوي الطبيعية آمنة واقتصادية وعمليات بسيطة وغير سامة. تعمل عوامل الاختزال الحيوي كعوامل اختزال واستقرار في تكوين AuNPs. في هذا البحث، تم تصنيع AuNPs بطريقة التوليف باستخدام محلول $H AuCl_4$ ومستخلص ماء أوراق التوت تم إجراء اختلافات في حجم الاختزال الحيوي (٠.٥، ١.٠، ١.٥، ٢.٠، ٢.٥، ٣.٠، ٣.٥، ٤ mL)، وقت التسخين (١٥ و ٢٥ و ٣٥ دقيقة)، ودرجة حرارة التسخين (٥٠ و ٦٠ و ٧٠ و ٨٠ و ٩٠ درجة مئوية). ستستمر الاختلافات في حجم الاختزال الحيوي والوقت ودرجة حرارة التسخين المثلى إلى طول اختبار وقت الاستقرار ثم توصيفها باستخدام أدوات مقياس الطيف الضوئي UV-Vis وتحديد حجم وشكل AuNPs باستخدام أدوات المجهر الإلكتروني النافذ (TEM). أظهرت نتائج التوصيف أن الحجم الأمثل لعامل الاختزال الحيوي كان ٣ mL مع وقت تسخين مثالي يبلغ ٢٥ دقيقة ودرجة حرارة مثالية تبلغ ٧٠ درجة مئوية مما أدى إلى استقرار AuNPs حتى اليوم ٢١. يظهر تحليل TEM أن AuNPs لها متوسط حجم ١٢ nm مع تشتت متعدد بنسبة ٠.٥١٪.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini, teknologi yang sedang berkembang adalah teknologi berbasis nano atau sering disebut nanoteknologi. Nanoteknologi didefinisikan sebagai ilmu dan teknik yang mencakup desain, sintesis dan karakterisasi serta aplikasi bahan yang setidaknya terorganisir dalam satu dimensi pada skala nanometer (Prasetyo, 2020). Nanoteknologi merupakan ilmu dan rekayasa dalam penciptaan material, struktur fungsional, maupun piranti dalam skala nano dalam dimensi antara 1-100 nanometer (Hutagaol & Utami, 2020). Nanopartikel adalah partikel yang sangat halus dalam ukuran orde nanometer. Definisi nanopartikel berbeda tergantung pada bahan, bidang, dan aplikasi yang bersangkutan. Dalam pengertian yang lebih sempit, mereka dianggap sebagai partikel yang lebih kecil dari 10^{20} nm, di mana sifat fisik bahan padat itu sendiri akan berubah secara drastis. Di sisi lain, partikel dalam kisaran tiga digit nanometer dari 1 nm hingga 1 mm dapat disebut sebagai nanopartikel (Naitō et al., 2018). Teknologi nano ini sudah banyak digunakan dalam bidang industri (nanokomposit, nanotubes), farmasi (pembuatan obat), dan pangan (pembuatan nano vitamin A) (Hasan et al., 2012). Baru-baru ini, nanopartikel logam telah mendapat banyak perhatian karena sifat optik, magnetik, dan katalitiknya yang khas. Ukuran, bentuk, monodispersitas, dan morfologi partikel sangat penting untuk menyesuaikan sifat-sifat ini. Berbagai metode sintesis telah dikembangkan untuk memformulasikan nanopartikel tersebut, termasuk metode kimia, fisika, dan biologi (Bharadwaj et al., 2021).

Di antara berbagai nanopartikel, nanopartikel emas telah banyak digunakan dalam bidang biomedis karena potensi aplikasinya. Nanopartikel emas (AuNPs) memiliki keuntungan tambahan seperti biokompatibilitas yang lebih tinggi, lebih mudah disesuaikan dengan ukuran yang berbeda, dan sangat cocok untuk fungsi kimia permukaan. AuNPs banyak digunakan di bidang biomedis untuk pengiriman obat, terapi kanker, pelabelan DNA, penginderaan biologis, dan deteksi mikroorganisme patogen dalam sampel klinis (Anbu, Gopinath, et al., 2020). Untuk mensintesis nanopartikel emas ini dapat dilakukan melalui beberapa metode salah satunya dengan *green synthesis*. Terdapat 12 prinsip dalam *Green synthesis*, beberapa prinsip yang sesuai dengan penelitian ini di antaranya adalah merancang sintesis kimia yang tidak berbahaya, memanfaatkan bahan baku dalam proses kimia dari material terbarukan, penggunaan pelarut dan kondisi reaksi yang lebih aman, serta memperkecil potensi kecelakaan. *Green synthesis* merupakan metode yang paling umum digunakan karena sangat efisien, bersifat biokompatibel dan aman serta ramah lingkungan. Prinsip dari *green synthesis* adalah ion logam yang direduksi dengan *bio-reducing agents* sehingga menghasilkan nanopartikel logam-organik. *Bio-reducing agents* yang digunakan dalam *green synthesis* dapat berupa ekstrak tumbuhan ataupun mikroorganisme seperti bakteri yang dapat mereduksi ion logam (Nizamuddin et al., 2022)

Dalam QS. Ad-Dukhan (44) ayat 38, Allah berfirman:

﴿٣٨﴾ وَمَا خَلَقْنَا السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا لِعَيْنٍ

Artinya: “dan tidaklah Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya dengan bermain-main” (QS. Ad-Duhkan: 38)

Berdasarkan tafsir Al-Misbah Jilid 19 hal. 21, ayat di atas menunjukkan bahwa alam ini tidak diciptakan tanpa tujuan. Allah menjelaskan bahwa langit dan bumi beserta segala isinya tidaklah diciptakan dengan sia-sia atau secara kebetulan tanpa maksud dan tujuan, tetapi semua itu diciptakan sesuai dengan rencana dan kehendak Allah. Sebagai contoh, emas yang banyak diketahui sebagai perhiasan dan nilai tukar memiliki kegunaan lain apabila disintesis dalam wujud nanopartikel jika manusia mau mencari tahu secara lebih mendalam. Begitu juga dengan kegunaan tanaman yang seringkali diambil manfaatnya entah dengan cara dikonsumsi langsung, diolah menjadi makanan ataupun minuman ternyata dapat berguna untuk mensintesis emas menjadi nanopartikel bila kita memanfaatkan ekstraknya.

Dalam sintesis nanopartikel emas menggunakan tumbuhan, nanopartikel emas terbentuk melalui reaksi reduksi oksidasi dari Au^{3+} yang terdapat pada larutan dengan senyawa metabolit sekunder dari tumbuhan (Rakhi & Gopal, 2012). Jha et al (2009) menyatakan bahwa senyawa yang berperan dalam proses reduksi terdiri atas beberapa senyawa metabolit sekunder tanaman seperti, senyawa terpenoid jenis citronellol dan geraniol, keton, aldehyd, amida dan asam karboksilat. Terpenoid dan flavanoid yang berperan memfasilitasi terjadinya reduksi karena memiliki *surface active molecule stabilizing*. Kemampuan ekstrak tumbuhan untuk mereduksi ion logam menjadi partikel nano telah dilakukan beberapa peneliti sebelumnya, yaitu Amin et al (2020) menggunakan ekstrak daun berenuk yang menghasilkan AuNPs dengan ukuran rata-rata 11,249 nm. Lalu Lembang & Zakir (2014) menggunakan ekstrak daun ketapang menghasilkan AuNPs sebesar 44,10 nm. Ganesh Kumar et al (2011) menggunakan ekstrak daun bunga cassia yang

menghasilkan AuNPs sebesar 15-25 nm. Lalu Narayanan & Sakthivel (2008) menggunakan ekstrak daun coriander menghasilkan AuNPs sebesar 6.75-57.91 nm. Sedangkan Philip (2010) menggunakan ekstrak daun hibiscus menghasilkan AuNPs sebesar 13 nm.

Pada penelitian ini sampel yang digunakan yaitu ekstrak daun murbei yang sebagai bioreduktor untuk sintesis nanopartikel emas. Daun murbei merupakan salah satu tanaman yang kaya akan antioksidan alami karena mengandung senyawa kimia flavonoid, alkaloid, terpenoid, saponin dan tannin (Chandra Purnama, 2022). Menurut (P. N. Chen et al., 2006) senyawa bioaktif yang bertanggungjawab terhadap aktivitas antioksidan daun murbei utamanya adalah sianidin 3-rutinosida, sianidin-3-monoglukosida, isoquesertin dan vitamin C. Sianidin 3-rutinosida dan sianidin-3-monoglukosida termasuk ke dalam kelompok sianidin yang digolongkan dalam kelompok pewarna alami antosianin, aktivitas antioksidan kelompok ini diduga berasal dari aglikonnya (Bae & Suh, 2007). Dikarenakan mengandung pigmen antosianin, ekstrak daun murbei pun menjadi salah satu tanaman yang berpotensi menjadi reduktor untuk sintesis nanopartikel emas.

Morfologi (bentuk dan ukuran) pada nanopartikel emas ditentukan oleh beberapa faktor yakni pH, temperatur, waktu inkubasi, konsentrasi ekstrak tanaman, serta konsentrasi asam logam (Au) (Hammami et al., 2021). Menurut penelitian yang dilakukan oleh GM et al., (2021) juga menyatakan bahwa penambahan volume bioreduktor akan menimbulkan adanya pergeseran batokromik karena penambahan volume bioreduktor yang semakin besar akan menghasilkan absorbansi yang semakin besar pula. Penelitian ini dilakukan dengan

variasi volume bioreduktor ekstrak etanol daun jambu bol putih (0,25; 0,75; 1,25; dan 2 mL) dan menghasilkan ukuran nanopartikel emas sebesar 17,13- 17,57 nm. Penjelasan tersebut menunjukkan bahwa kemampuan suatu bioreduktor untuk mereduksi Au^{3+} akan berbeda berdasarkan volumenya.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka peneliti ingin mensintesis nanopartikel emas dengan bioreduktor ekstrak daun murbei dengan mengontrol faktor volume bioreduktor, waktu dan suhu pemanasan serta waktu kestabilan. Sampel hasil sintesis dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui absorbansi optimum pada volume bioreduktor, waktu, dan suhu pemanasan serta kestabilan AuNPs pada selang waktu tertentu. Hasil sintesis terbaik dilanjutkan dengan Analisa TEM guna mengetahui morfologi dari AuNPs.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh volume bioreduktor ekstrak daun murbei, suhu, dan waktu pemanasan terhadap karakteristik nanopartikel emas (AuNPs) di spektrofotometer UV-Vis?
2. Berapa lama waktu kestabilan nanopartikel emas?
3. Bagaimana morfologi nanopartikel emas menggunakan TEM?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh volume bioreduktor dari ekstrak daun murbei beserta waktu dan suhu pemanasan terhadap karakteristik nanopartikel emas (AuNPs) menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

2. Untuk mengetahui lama waktu kestabilan dari nanopartikel emas (AuNPs).
3. Untuk mengetahui hasil morfologi nanopartikel emas menggunakan TEM.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Sintesis nanopartikel emas menggunakan variasi volume bioreduktor (0.5; 1; 1.5; 2; 2.5; 3; 3,5 dan 4 mL), waktu pemanasan (15, 25, dan 35 menit), suhu pemanasan (50, 60, 70, 80, dan 90°C) dan waktu kestabilan hingga hari ke-21.
2. Karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan TEM.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mensintesis nanopartikel emas dengan ekstrak daun murbei menggunakan variasi volume bioreduktor dan waktu pemanasan.
2. Memberikan informasi terkait pengaruh daun murbei terhadap kestabilan beserta karakteristik AuNPs.
3. Mengetahui morfologi (bentuk dan ukuran) AuNPs dengan TEM.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nanopartikel Emas

2.1.1 Logam Emas

Emas adalah satu unsur kimia dengan simbol Au dan mempunyai bilangan atom 79 yang merupakan unsur logam padat, berwarna kuning dan berkilauan serta stabil dalam udara dan air tanpa mengalami oksidasi (Nengsih, 2018). Emas merupakan logam mulia yang banyak digunakan dan memiliki peran penting dalam kehidupan manusia. Emas termasuk ke dalam golongan logam mulia karena keterdapatannya di bumi yang langka dan memiliki sifat spesifik tertentu (Aminah, 2018).

Simbol kimia emas adalah Au (dari bahasa Latin Aurum yang berarti fajar bersinar). Susunan elektron terluar dari emas adalah $4f^{14}5d^{10}6s^1$ (konfigurasi elektron [Xe] $4f^{14}5d^{10}6s^1$). Susunan elektron ini berkaitan dengan sifat warna kuning emas. Warna logam terbentuk berdasarkan transisi elektron diantara ikatan-ikatan energinya. Kemampuan menyerap cahaya pada panjang gelombang untuk menghasilkan warna emas yang khas terjadi karena transisi ikatan d yang melepaskan posisi di ikatan konduksi. Penambahan unsur-unsur campuran berdampak pada warna emas. Misalnya, penambahan unsur nikel atau palladium akan memutihkan emas. Emas dianggap sebagai logam mulia dan berharga. Keistimewaan emas secara kimiawi ditunjukkan dengan stabilitas unsur kimianya yang mampu bertahan dari karat dan proses oksidasi. Adapun sifat fisika dan kimia dari emas, antara lain; (1) emas merupakan logam lembut, berkilat, berwarna kuning, padat, mudah ditempa, dan mudah ditarik, (2) merupakan logam peralihan

(trivalen dan univalen) dan stabil, (3) tidak bereaksi dengan kebanyakan bahan kimia. Walaupun demikian, emas dapat bereaksi dengan klorin, fluorin dan akuaregia. Logam ini ditemukan dalam bentuk bongkahan, butiran batuan, dan pendaman aluvial, (3) merupakan logam yang sangat berharga karena keberadaannya yang sangat langka di alam, tidak mudah berkarat atau memudar, tahan lama, serta memiliki warna yang menarik, dan (4) emas murni memiliki tekstur yang halus (Wahyudiati, 2021).

Tabel 2.1 Data bahan emas

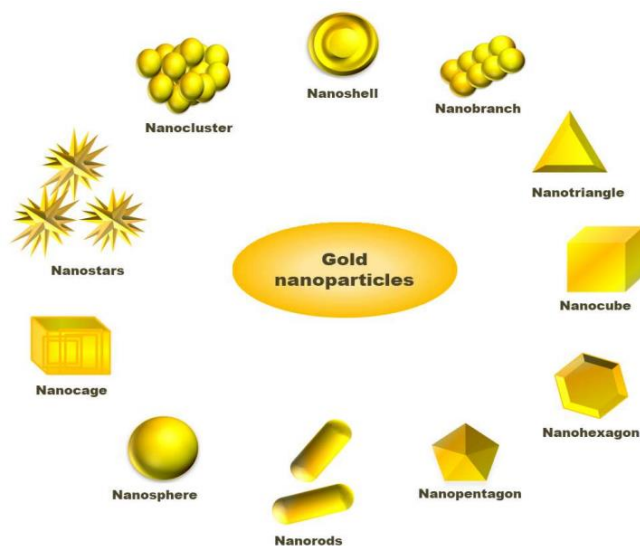
Bahan Emas	Nilai
Nomor atom	79
Massa atom relative	196,9665 gram.mol ⁻¹
Konfigurasi electron	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹
Titik leleh	1337 K (1064 °C)
Titik didih	3130 K
Jari-jari atom (kisi Au)	1,46 Å
Massa jenis (273 K)	19,32 gram.cm ⁻³
Keelektronegatifan (skala Pauling)	2,54
Sifat magnetik	Diamagnetik

Sumber: *Chemistry of Precious Metal*

2.1.2 Sifat Nanopartikel Emas (AuNPs)

Nanopartikel emas (AuNPs) adalah partikel emas kecil dengan diameter 1 hingga 100 nm setelah terdispersi dalam air, juga dikenal sebagai emas koloid (Chen et al., 2014). Sifat nanopartikel emas berbeda dengan emas dalam bentuk logam. Logam emas memiliki bentuk padat kuning dan inert sementara nanopartikel emas berwarna merah anggur dan larutan dilaporkan sebagai antioksidan. Interaksi partikel dan pembentukan jaringan nanopartikel emas merupakan kunci dalam penentuan sifat nanopartikel. Nanopartikel emas juga

memiliki berbagai ukuran dan memiliki bentuk berbeda seperti misalnya bola, oktahedral, dekahedral, tetrahedral, nanotriangles, nanoprisms, heksagonal trombosit dan nanorods (Khan et al., 2014).



Gambar 2.1 Bentuk-bentuk nanopartikel emas (Bharadwaj et al., 2021)

Diameter nanopartikel emas berhubungan dengan luas permukaan koloid emas secara keseluruhan, semakin kecil diameter nanopartikel emas, maka akan semakin tinggi aktivitasnya (Sovawi et al., 2016). Nanopartikel emas umumnya mempunyai struktur *face center cubic* (FCC). Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Srivastava & Mukhopadhyay (2015), bahwa nanopartikel emas mempunyai struktur kristal FCC.

Nanopartikel emas memiliki kecenderungan untuk beragregasi karena adanya gaya antar partikel yang kuat sehingga partikel-partikel tersebut akan mendekat dan berkumpul membentuk kluster. Pembentukan kluster nanopartikel

emas dengan bertambahnya waktu kontak merupakan penyebab terjadinya perubahan kepekatan warna koloid pada nanopartikel emas (GM et al., 2021).

2.1.3 Manfaat Nanopartikel Emas

Nanopartikel emas dapat digunakan sebagai alternatif dalam pembuatan kosmetik dengan senyawa aktif dari bahan alami yang sulit diabsorpsi (Kaul et al., 2018). Nanopartikel emas juga merevolusi bidang kedokteran karena aplikasi penyebarannya luas dalam pengiriman obat yang ditargetkan, *imaging*, diagnosis, dan terapi karena ukurannya sangat kecil, luas permukaannya tinggi, stabil, tidak toksik, serta memiliki sifat fisik dan kimia yang baik (Khan et al., 2014). Emas dapat digunakan sebagai *antiaging* karena merupakan katalis dalam pembentukan kolagen. Suatu penelitian menunjukkan bahwa sintesis nanopartikel emas dengan matriks gliseril monostearate aman digunakan dalam kosmetik karena tidak merusak kolagen seperti logam berat Ag (Perak), Pb (Timbal), Hg (Merkuri), dan Cd (Kadmium) sehingga penggunaan nanopartikel emas dalam kosmetik terutama sebagai *antiaging* sangat direkomendasikan sebagai kosmetik di dalam krim anti penuaan dini yang sering dipasarkan (Rahmi et al., 2012).

Nanopartikel emas telah menerima banyak perhatian karena kemampuannya untuk berinteraksi dengan cahaya melalui resonansi plasma permukaan (SPR). Kemajuan terbaru di bidang nanosains telah menunjukkan bahwa nanopartikel emas (AuNPs) memiliki kemampuan untuk memperkuat sebagai blok bangunan untuk perangkat plasmonik dan perangkat optik lainnya di masa depan. Nanopartikel emas (NPs) telah digunakan dalam berbagai aplikasi seperti kimia, ilmu material, fisika, kedokteran, dan ilmu hayati yang akan semakin besar secara eksponensial, karena karakteristiknya yang multifungsi dalam bidang

terapi, deteksi, pencitraan, dan perubahan permukaan. Nanopartikel logam seperti emas telah banyak digunakan sebagai material nano untuk aplikasi theranostik dalam terapi kanker. Di bidang biomedis, digunakan untuk skrining biomolekuler yang sangat sensitif, pemusnahan selektif sel kanker dengan terapi termal foto, sel spesifik, pelabelan protein, dan penghantaran terapi seluler (Hammami et al., 2021).

2.2 Daun Murbei (*Morus alba L.*)

Allah menciptakan segala sesuatu di dunia ini dengan tujuan, salah satunya adalah alasan dibalik terciptanya tumbuhan. Merujuk dari surat Ad-Dukhan ayat 38 bahwa segala sesuatu yang Allah ciptakan sesuai dengan tujuan dan kehendak-Nya, tumbuhan memiliki berbagai macam kegunaan yang dapat dimanfaatkan oleh manusia. Hal ini ditegaskan dalam Al-Qur'an surat Thaha ayat 53, yaitu:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَسَوَّلَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَخَرَجْنَا
بِهِ أَزْوَاجًا مِّنْ نَّبَاتٍ شَتَّى ﴿٥٣﴾

Artinya: “(Dialah Tuhan) yang telah menjadikan bumi sebagai hamparan dan meratakan jalan-jalan di atasnya bagimu serta menemukan air (hujan) dari langit. Kemudian Kami menumbuhkan dengannya (air hujan itu) beraneka macam tumbuh-tumbuhan” (QS. Thaha: 53)

Berdasarkan tafsir Al-Misbah Jilid 8 Hal 316-318, dari ayat di atas dapat diketahui bahwa Allah menganugerahkan nikmat kehidupan dan pemeliharaan kepada hamba-hamba-Nya. Dengan kekuasaan-Nya, Allah telah menjadikan bumi sebagai hamparan untuk makhluk-Nya, membuka jalan-jalan untuk dilalui dan menurunkan hujan di atas bumi sehingga terciptalah sungai-sungai. Dengan air itu

Allah menumbuhkan tumbuh-tumbuhan yang berbeda-beda warna, rasa, dan manfaatnya.

Murbei merupakan salah satu tanaman yang tumbuh di Indonesia dan banyak digunakan dalam pengobatan secara tradisional. Murbei tumbuh liar di hutan-hutan, di pekarangan rumah dan dibudidayakan sebagai tanaman buah-buahan serta daunnya banyak digunakan sebagai pakan ulat sutera (Aminah et al., 2015). Murbei berasal dari Cina, tumbuh baik pada ketinggian lebih dari 100 m dpl dan memerlukan cukup sinar matahari. Tumbuhan yang sudah dibudidayakan ini menyukai daerah-daerah yang cukup basah seperti di daerah lereng gunung, tetapi pada tanah yang berdrainase baik (Savitri, 2008).

2.2.1 Morfologi dan Identifikasi Daun Murbei

Morus alba Linn (M. alba L.), juga dikenal sebagai murbei putih, termasuk dalam keluarga Moraceae (Ercisli & Orhan, 2007) merupakan pohon daun kecil yang dibudidayakan di berbagai negara tropis, subtropis, dan beriklim sedang, termasuk Cina, Jepang, Korea, Thailand, Indonesia, India, Vietnam, Brasil, Afrika, dan lainnya. Tanaman Murbei dapat tumbuh hingga 9 meter, percabangannya banyak, cabang muda berambut halus. Daun tunggal, letak berseling, bertangkai yang panjangnya 1-4 cm. Helai daun bulat telur sampai berbentuk jantung, ujung runcing, pangkal tumpul, tepi bergerigi, pertulangan menyirip agak menonjol, permukaan atas dan bawah kasar, panjang 2,5-20 cm, lebar 1,5-12 cm, warnanya hijau. Daun bersifat pahit, manis, dingin, masuk meridian paru dan hati (Dalimartha, 1999).

Klasifikasi tanaman murbei yakni sebagai berikut (Sunanto, 1997):

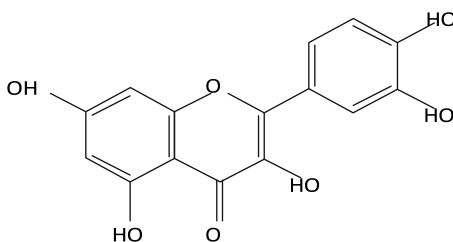
Divisio : Spermatophyta

Sub-divisio : Angiospermae
Kelas : Dicotyledoneae
Ordo : Urticales
Famili : Moreaceae
Genus : Morus
Spesies : *Morus alba L.*



Gambar 2.2 Tanaman murbei (*Morus alba L.*) (Arshad et al., 2014)

Morus alba mengandung senyawa bioaktif yang melimpah, termasuk asam fenolik, flavonoid, flavonol, antosianin, makronutrien, vitamin, mineral, dan senyawa aromatik yang mudah menguap (Sánchez-Salcedo, Mena, García-Viguera, Hernández, et al., 2015). Penelitian tentang sintesis AuNPs dengan menggunakan ekstrak tanaman telah menunjukkan bahwa kelas polifenol flavonoid dapat mereduksi ion emas menjadi partikel nano dan menstabilkannya (Zuhrotun et al., 2023). Flavonoid yang ada pada daun murbei mengandung sejumlah besar quercetin, rutin, dan apigenin (Wen et al., 2019). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Chen et al, (2021) quercetin merupakan jenis flavonoid dengan jumlah terbanyak yang ada di dalam daun murbei.



Gambar 2.3 Struktur quercetin

2.3 Sintesis Nanopartikel Emas

Nanopartikel emas (Au-NPs) merupakan salah satu dari berbagai jenis nanopartikel logam mulia yang ditemui. Emas memiliki keadaan oksidasi Au^{1+} (aurous), Au^{3+} (auric/aurat) sedangkan keadaan emas yang tidak teroksidasi adalah Au^0 , dimana Au^0 ini merupakan kondisi yang diinginkan untuk nanopartikel. Untuk memperoleh kondisi Au^0 diperlukan metode sintesis yang dapat mereduksi Au^{1+} atau Au^{3+} (Fazrin et al., 2020).

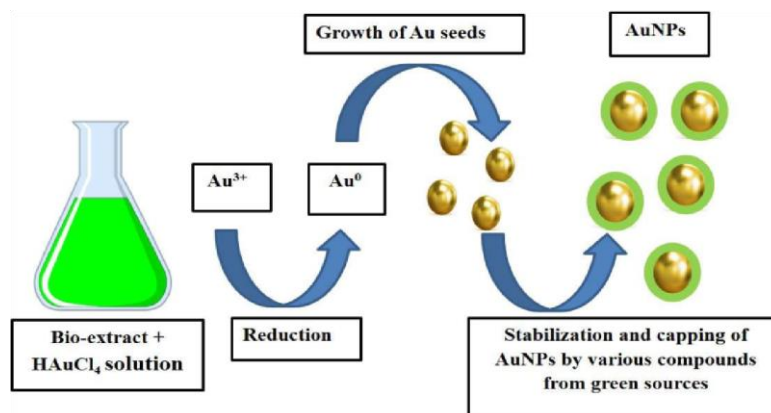
Secara umum, metode sintesis nanopartikel terbagi menjadi dua yaitu *top-down* dan *bottom-up*. Sintesis secara *top-down* adalah membuat partikel berukuran nano secara langsung dengan memperkecil material yang besar misalnya dengan penggilingan mekanis dan sputtering, sedangkan sintesis secara *bottom-up* adalah menyusun partikel dari atom atau molekul-molekul yang ukurannya lebih kecil melalui pembentukan inti baru yang selanjutnya berkembang hingga membentuk partikel berukuran nano. Untuk melakukan sintesis nanopartikel dapat dilakukan secara kimia, fisik, dan biologis. Untuk metode kimia, sintesis nanopartikel dilakukan melalui dua pendekatan yaitu nukleasi dan pertumbuhan dengan menggunakan teknik sol-gel, pengendapan, dan sintesis koloid. Untuk metode fisik, sintesis nanopartikel dilakukan dengan menggunakan pendekatan *top-down* seperti

difusi dan dekomposisi termal. Sedangkan metode biologis, sintesis nanopartikel dilakukan dengan menggunakan enzim dari suatu mikroba atau ekstrak tanaman. Metode ini sering disebut sebagai *green synthesis* (Nair et al., 2022).

Metode *green synthesis* yang menggunakan ekstrak tanaman sebagai reduktan dan zat penstabil untuk sintesis nanopartikel logam telah banyak diminati di bidang penelitian dalam 3 tahun belakangan. Pendekatan *green synthesis* memberikan kemajuan dibandingkan metode lain karena hemat biaya, sederhana, ramah lingkungan dan dapat diproduksi ulang. Prinsip metode *green synthesis* nanopartikel logam ialah memanfaatkan tumbuhan atau mikroorganisme sebagai agen pereduksi. Hal ini didasarkan pada kemampuan tumbuhan dalam menyerap ion logam dari lingkungan, lebih aman dan ramah lingkungan dibandingkan dengan penggunaan bahan-bahan kimia anorganik. Jenis tumbuhan yang mengandung bahan reduktor ini cukup melimpah dan mudah didapatkan di wilayah Indonesia. Penambahan volume bioreduktor yang semakin besar menyebabkan semakin banyak pula ion Au^{3+} yang tereduksi menjadi Au^0 . Hal tersebut disebabkan oleh tumbukan partikel antara bioreduktor dan ion Au^{3+} yang semakin sering terjadi. Penambahan volume bioreduktor yang semakin besar menyebabkan absorbansi maksimum yang dihasilkan semakin besar pula. Hal tersebut membuktikan bahwa semakin banyak AuNP yang dihasilkan (Sovawi, 2016).

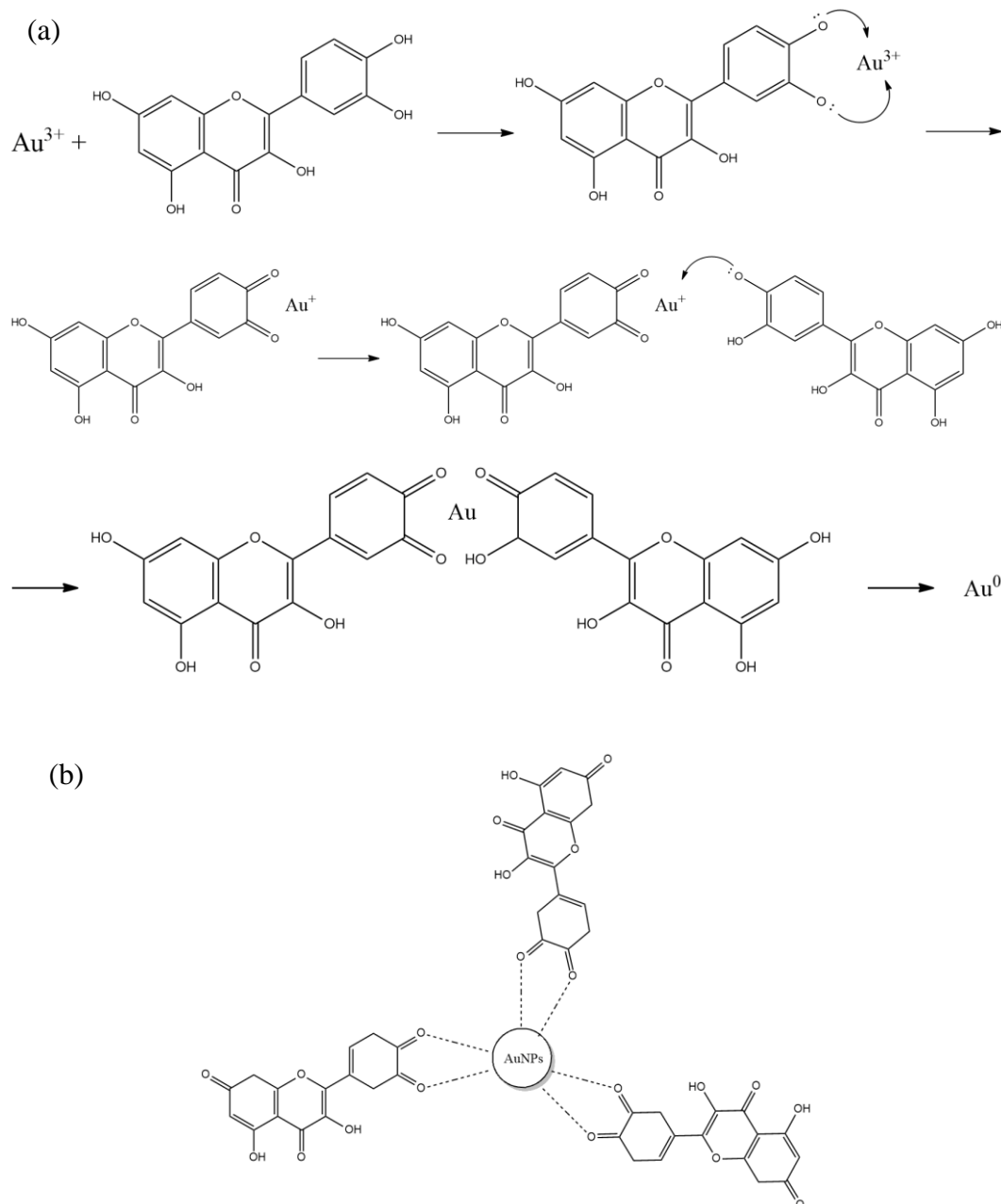
Mekanisme biosintesis AuNPs terdiri dari dua tahapan sederhana dan tidak membutuhkan temperatur dan tekanan yang berlebihan. Pada langkah pertama, ekstrak tanaman dicampur dengan larutan garam HAuCl_4 , yang mana menyebabkan terjadinya reduksi ion emas (Au^{3+}) menjadi atom emas (Au^0) (Javed et al., 2020;

Mikhailova, 2021). Pada langkah kedua merupakan hasil dari pertumbuhan dan stabilisasi formasi AuNPs (Santhosh et al, 2022).



Gambar 2.4 Skema sintesis nanopartikel emas (Santhosh et al., 2022)

Tanaman kaya akan alkaloid, flavonoid, saponin, steroid, tannin, dan senyawa alam lainnya. Ekstrak tanaman mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder yang mana senyawa tersebut dapat digunakan untuk mereduksi dan juga sebagai agen stabilisasi pada sintesis nanopartikel (Boruah et al., 2012). Agen stabilisasi merupakan agen yang sangat penting dikarenakan dapat menolak toksisitas. Au⁰ memiliki kecenderungan alami untuk mengalami koagulasi, tetapi molekul dari ekstrak tanaman dapat menutupi dan menstabilkan nanopartikel emas (Mikhailova & Thakur, 2021). Pada penelitian ini, molekul flavonoid pada ekstrak tanaman diduga memiliki peran penting terhadap proses pembentukan AuNPs. Berikut skema reduksi dan stabilisasi nanopartikel dengan memanfaatkan molekul flavonoid yaitu quercetin dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.5 Perkiraan mekanisme reaksi sintesis nanopartikel emas dengan flavonoid (a) reduksi Au^{3+} menjadi Au^0 dan (b) stabilisasi AuNPs

Dalam sintesis nanopartikel emas, pembentukan nanopartikel terjadi akibat reaksi pada logam emas dengan senyawa metabolit sekunder yang ada pada daun murbei yaitu flavonoid. Reaksi yang terjadi dalam sintesis melibatkan interaksi

antara molekul flavonoid sebagai bioreduktor dan *capping agent* sehingga mungkin untuk mengalami ikatan kimia yaitu ikatan van der Waals (Irfan et al., 2020). Ikatan tersebut dapat terjadi antara gugus hidroksil pada bioreduktor dan atom emas yang terdapat pada permukaan nanopartikel. Meskipun ikatan kimia yang terjadi dalam sintesis nanopartikel emas dengan stabilisator dari ekstrak tanaman tidak secara khusus disebutkan dalam penelitian, konsep ini menunjukkan bahwa terdapat interaksi kimia yakni ikatan van der Waals dalam proses sintesis nanopartikel emas.

2.4 Karakterisasi Nanopartikel Emas

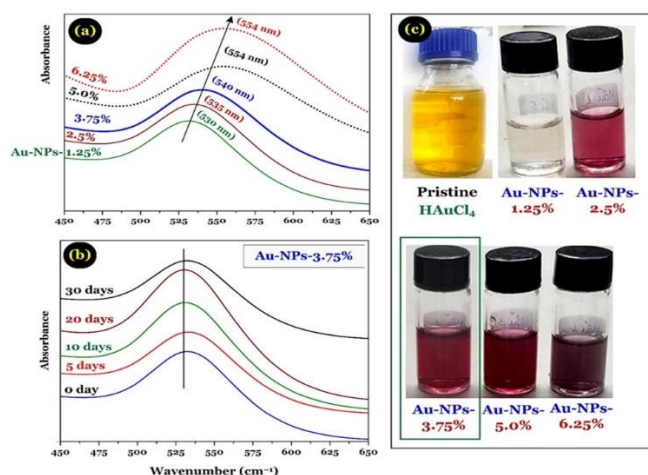
2.4.1. Spektrofotometer UV-Vis

Spektroskopi ultraviolet (UV) - visual adalah jenis spektroskopi absorpsi di mana sinar UV-Visual diserap oleh molekul. Penyerapan radiasi UV-Visual menghasilkan eksitasi elektron dari tingkat energi yang lebih rendah ke yang lebih tinggi (Wandelt, 2018). Spektrofotometri UV-Vis merupakan metode analisis fisika kimia yang menggunakan sumber radiasi gelombang elektromagnetik ultraviolet (UV) pada panjang gelombang 190 nm–380 nm dan cahaya tampak (visible) pada panjang gelombang 380 nm–780 nm dengan menggunakan instrumen spektrofotometer (Noviyanto, 2020). Spektrofotometri UV-Vis berdasar pada hukum Lambert-Beer. Jika sinar monokromatik melewati suatu senyawa maka sebagian sinar akan diabsorpsi, sebagian dipantulkan dan sebagian lagi akan dipancarkan. Cermin yang berputar pada bagian dalam spektrofotometer akan membagi sinar dari sumber cahaya menjadi dua (Sembiring et al., 2019).

UV-Vis adalah teknik yang umum digunakan untuk mengkarakterisasi nanopartikel. Teknik ini memungkinkan untuk mengonfirmasi pembentukan

nanopartikel dengan mengukur *Surface Plasmon Resonance* (SPR). Prosedur ini dapat memberikan informasi tentang ukuran, stabilitas, dan agregasi nanopartikel (Torres-Rivero et al., 2021). Panjang gelombang dalam rentang 200-700 nm umumnya digunakan untuk mengkarakterisasi nanopartikel logam dan oksida logam. Nanopartikel emas menunjukkan puncak absorpsi spesifik antara 500 dan 550 nm (Nagajyothi & Sreekanth, 2015).

Hasil sintesis nanopartikel emas dalam wujud larutan koloid akan mengalami perubahan warna menjadi merah atau ungu yang mengindikasikan bahwa nanopartikel emas berhasil dibuat (Aljabali et al., 2018; Lee et al., 2020). Hasil tersebut diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Mai et al (2021) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa perubahan warna yang terjadi pada larutan setelah bereaksi dari kuning menjadi merah-ruby dapat dikatakan berhasil membentuk nanopartikel emas. Penelitian tersebut menggunakan bioreduktor ekstrak daun pohon anggur (*Celastrus hindsii*) dengan variasi penambahan volume menghasilkan perubahan warna menjadi merah-ruby. Rata-rata ukuran diameter nanopartikel emas dari warna merah-ungu terang sampai gelap sebagai berikut: 14 nm < 30 nm < 36 nm < 54 nm. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin gelap warna pada sampel ukuran nanopartikel emas semakin membesar begitu juga sebaliknya.



Gambar 2.6 (a) Spektra UV-Vis hasil sintesis nanopartikel emas, (b) Waktu kestabilan, (c) Pengaruh penambahan volume bioreduktor terhadap warna

Interaksi cahaya dengan nanopartikel emas sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, ukuran, dan dimensi fisiknya. Ketika cahaya berinteraksi dengan elektron bebas pada partikel nano koloid, medan listrik berosilasi dan menyebabkan osilasi muatan elektron yang beresonansi dengan frekuensi cahaya tampak. Fenomena ini dikenal sebagai plasmon permukaan. Pada nanopartikel emas monodisperse dengan ukuran kecil (~ 30 nm), resonansi plasmon permukaan (SPR) menyebabkan penyerapan cahaya pada bagian spektrum biru-hijau (~ 450 nm) dan pantulan cahaya merah (~ 700 nm), sehingga memberikan warna merah yang lebih banyak. Namun, saat ukuran partikel bertambah besar, panjang gelombang penyerapan terhadap *surface plasmon resonance* bergeser ke panjang gelombang yang lebih panjang dan lebih merah. Ketika ukuran partikel semakin besar, panjang gelombang *surface plasmon resonance* bergeser ke bagian spektrum IR, sehingga sebagian besar panjang gelombang yang terlihat dipantulkan dan memberikan warna nanopartikel yang jernih atau tembus cahaya. *Surface plasmon resonance* dapat disesuaikan dengan mengubah ukuran atau bentuk nanopartikel, sehingga

menghasilkan partikel dengan sifat optik yang disesuaikan untuk aplikasi yang berbeda (Sigma Aldrich, 2022). Sifat-sifat umum pada ukuran nanopartikel emas berdasarkan absorbansi maksimum dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

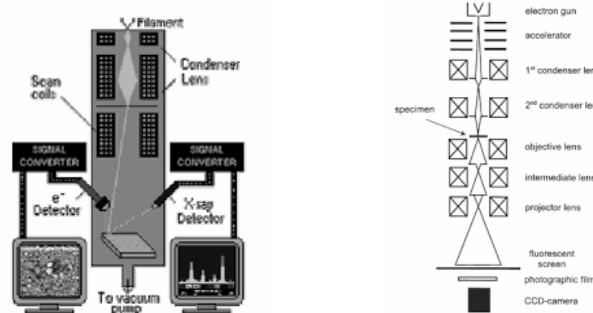
Tabel 2.2 Produk nanopartikel emas dengan buffer sitrat sebagai *capping agent*

Diameter	Panjang Gelombang Maksimum
5 nm	510-525 nm
10 nm	510-525 nm
15 nm	510-525 nm
20 nm	518-522 nm
30 nm	524-527 nm
40 nm	529-533 nm
50 nm	533-536 nm
60 nm	538-544 nm
80 nm	551-557 nm
100 nm	564-574 nm

Sumber: *Sigma Aldrich*, 2022

2.4.2. Transmission Electron Microscopy (TEM)

Mikroskopi elektron transmisi (TEM) adalah teknik mikroskopi di mana seberkas elektron ditransmisikan melalui spesimen yang sangat tipis, berinteraksi dengan spesimen saat melewatinya. Gambar terbentuk dari interaksi elektron yang ditransmisikan melalui spesimen; gambar diperbesar dan difokuskan ke perangkat pencitraan, seperti layar fluoresen, pada lapisan film fotografi, atau untuk dideteksi oleh sensor seperti kamera CCD (Tushar & Babita, 2013).



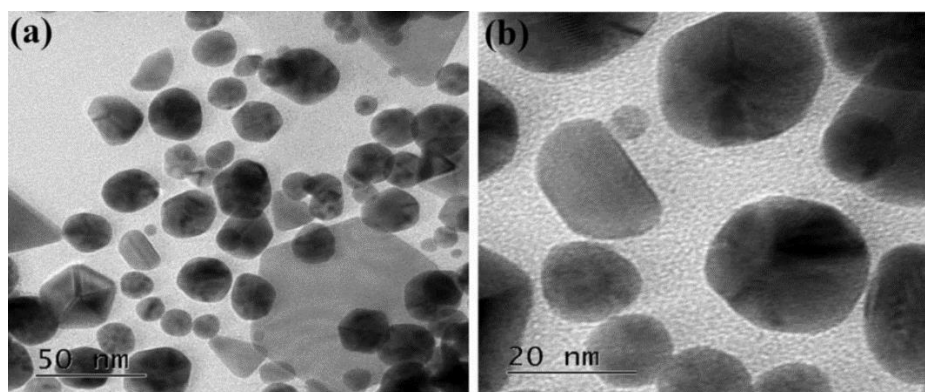
Gambar 2.7 Skema dari TEM (Karlík, 2001)

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

Sangat penting untuk dicatat bahwa ketebalan bahan dalam arah sinar elektron yang menembus sangat penting untuk analisis TEM. Faktanya, ketebalan ini harus berada di bawah nilai sekitar 500 nm agar fraksi berkas elektron yang ditransmisikan melalui sampel secara elastis, yang merupakan prasyarat untuk pembentukan gambar TEM. Juga penting bahwa elektron, yang disediakan oleh termionik atau senapan emisi medan, dikoliminasi dengan baik dengan bantuan lensa kondensor elektromagnet sebelum melewati sampel. Sejumlah interaksi

terjadi antara atom sampel dan berkas elektron yang menembus ketika melewati sampel. Elektron yang ditransmisikan kemudian difokuskan dengan menggunakan lensa elektromagnetik lain yang disebut lensa "objektif" yang membentuk gambar pertama sampel. Resolusi gambar yang terbentuk dalam TEM tergantung pada panjang gelombang elektron yang digunakan serta nilai koefisien aberasi sferis (C_s) dari lensa objektif (Anjum, 2016).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Anbu et al., (2020), berhasil mensintesis nanopartikel emas menggunakan bioreduktor ekstrak bunga lonceng Cina (*Platycodon grandiflorum*) dengan hasil ukuran nanopartikel dalam rentang 3 nm sampai 80 nm dengan diameter rata-rata sebesar 15 nm.



Gambar 2.8 Hasil TEM nanopartikel emas dari ekstrak bunga lonceng cina pada tingkat pembesaran rendah (a) dan pembesaran lebih tinggi (b)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Agustus-November 2023 di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.1 Alat-Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain maraca analitik, spatula, gelas arloji, pipet tetes, gelas piala 50 mL dan 100 mL, corong gelas, labu takar 50 dan 500 mL, erlenmeyer 250 mL, botol semprot, spektrofotometer UV-Vis dan TEM (*Transmission Electron Microscopy*).

3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun murbei (*Morus alba L.*) di daerah kebun murbei Arjosari Kota Malang, emas murni 99,9%, asam klorida (HCl) p.a, asam nitrat (HNO₃) p.a, akuades, air deionisasi *waterone*, akuademin, kertas saring whatman no. 1, *aluminium foil*, *plastic wrap*.

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini menggunakan metode rancangan acak lengkap (RAL) dan bersifat *experimental laboratory*, yakni sintesis nanopartikel emas (Au) menggunakan metode biosintesis dengan memanfaatkan senyawa aktif pada tanaman berupa ekstrak daun murbei (*Morus alba L.*) sebagai bioreduktor. Tahap pertama dilakukan pengambilan sampel daun murbei (*Morus alba L.*) yang akan

dipreparasi menggunakan air deionisasi *waterone*. Setelah itu, diperoleh ekstrak sampel daun murbei. Tahapan selanjutnya, pembuatan larutan HAuCl_4 dengan melarutkan emas murni ke dalam larutan $\text{HCl}:\text{HNO}_3$ p.a (3:1) dan ditambah akuademin.

Larutan HAuCl_4 tanpa penambahan bioreduktor akan digunakan sebagai blanko untuk diukur panjang gelombang maksimum dan sisanya akan disintesis menggunakan pemanasan termal dengan penambahan bioreduktor ekstrak daun murbei dengan variasi volume bioreduktor, waktu, dan suhu pemanasan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Perbandingan volume bioreduktor dan waktu pemanasan

Volume Bioreduktor (mL)	Waktu Pemanasan (menit)	Suhu (°C)
0,5	15	50
1,0	25	60
1,5	35	70
2,0		80
2,5		90
3,0		
3,5		
4,0		

Penelitian dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Hasil yang didapat berupa larutan berwarna *berry-wine* yang akan diukur λ_{maks} serta absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 300-700 nm. Tahap berikutnya, nanopartikel emas dikarakterisasi dengan TEM untuk menentukan morfologi serta ukuran nanopartikel pada emas.

3.4 Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Pemilihan dan preparasi sampel bioreduktor ekstrak daun murbei
2. Pembuatan larutan HAuCl_4 0,5 mM
3. Sintesis nanopartikel emas dengan iradiasi *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 Murbei

Penelitian ini menggunakan sampel berupa tumbuhan Murbei. Tumbuhan ini diperoleh di kebun murbei Arjosari, Kota Malang. Bagian tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun murbei dalam kondisi segar. Mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Mainali et al (2014) daun murbei dicuci dan dikeringkan selama 5 hari pada suhu ruang. Setelah kering, daun murbei dipotong kecil kecil dan dimasukkan ke dalam blender sehingga terbentuk serbuk. Sebanyak 10 gram serbuk ditambahkan ke dalam 100 mL air deionisasi *waterone* dan dipanaskan dalam waterbath pada suhu 60°C selama 15 menit. Setelah itu ekstrak disaring menggunakan kertas saring Whatman no.1. Selanjutnya diencerkan pada konsentrasi 10%. Ekstrak daun murbei disimpan di dalam kulkas.

3.5.2 Pembuatan dan Penentuan λ_{maks} Larutan HAuCl_4 0,5 mM

Pembuatan larutan HAuCl_4 0,5 mM mengacu pada prosedur yang dikembangkan dalam penelitian Lembang, dkk (2014) yaitu larutan HAuCl_4 0,5 mM dibuat dengan melarutkan 0,0493 gram emas ke dalam aquaregia ($\text{HCl}:\text{HNO}_3$ (3:1)) sebanyak 4 mL dengan dibantu pemanasan, kemudian ditambahkan dengan

akuademin hingga volume 500 mL dan dihomogenkan. Larutan HAuCl_4 dikocok dan dapat digunakan langsung. Tahap berikutnya, larutan HAuCl_4 dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 300-700 nm.

3.5.3 Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas

3.5.3.1 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Volume Bioreduktor

Sintesis nanopartikel emas dilakukan dengan mencampurkan larutan HAuCl_4 0,5 mM dan ekstrak air daun murbei (Lembang et al, 2014). Prosedur tahap ini mengacu pada penelitian Ankamwar (2010) yang dimodifikasi yakni menggunakan larutan HAuCl_4 0,5 mM sebanyak 5 mL yang dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, lalu ditambahkan 3 mL air rebusan daun murbei. Dilakukan sintesis nanopartikel emas menggunakan *hotplate* selama 25 menit dan terjadi perubahan warna pada larutan menjadi warna *wine-red* (Dalavi et al., 2022). Digunakan variasi penambahan ekstrak bioreduktor daun Murbei sebanyak 0,5;1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 dan 4mL. Percobaan ini dilakukan dengan 3x pengulangan. Dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis pada jangjang gelombang 300-700 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. HAuCl_4 0,5 mM	Volume H_2O (mL)	Waktu (menit)
0,5	5	4,5	25
1,0	5	4,0	25
1,5	5	3,5	25
2,0	5	3,0	25

2,5	5	2,5	25
3,0	5	2,0	25
3,5	5	1,5	25
4,0	5	1,0	25

3.5.3.2 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Waktu Pemanasan

Sintesis nanopartikel emas dilakukan dengan mencampur H_{AuCl}₄ 0,5 mM dan air rebusan daun murbei (Lembang et al, 2014). Ion emas direduksi dalam ukuran nano menggunakan bioreduktor ekstrak daun murbei. Prosedur yang digunakan mengacu pada penelitian Ankamwar (2010) yang dimodifikasi yaitu menggunakan larutan H_{AuCl}₄ 0,5 mM sebanyak 5 mL yang dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, lalu ditambah hasil volume terbaik dan dilakukan sintesis nanopartikel emas dengan pemanasan termal yaitu *hotplate*. Lalu terjadi perubahan warna pada larutan menjadi berwarna *wine-red* (Dalavi et al., 2022). Digunakan variasi waktu pemanasan pada 15, 25, dan 35 menit. Percobaan ini dilakukan sebanyak 3x pengulangan. Dikarakterisasi dengan spektrofotometer 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 _{AuCl} ₄ 0,5 mM	Suhu (°C)	Waktu (menit)
Hasil Volume Terbaik pada	5	70	15
Tabel 3.2	5	70	25
	5	70	35

3.5.3.3 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Suhu Pemanasan

Sintesis nanopartikel emas dilakukan dengan mencampur H_{AuCl}₄ 0,5 mM dengan ekstrak daun murbei. Prosedur yang digunakan mengacu pada penelitian Ankamwar (2010) yang dimodifikasi yaitu menggunakan larutan H_{AuCl}₄ 0,5 mM sebanyak 5 mL yang dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, lalu ditambah hasil volume dan waktu pemanasan terbaik setelah itu dilakukan sintesis nanopartikel emas dengan variasi suhu pemanasan. Lalu terjadi perubahan warna pada larutan menjadi berwarna *wine-red* (Dalavi et al., 2022). Digunakan variasi suhu pemanasan pada 50,60,70,80, dan 90°C. Percobaan ini dilakukan sebanyak 3x pengulangan. Dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis dengan absorbansi waktu pemanasan paling stabil dilanjutkan ke prosedur selanjutnya. Berikut tabel variasi waktu pemanasan pada sintesis nanopartikel emas:

Tabel 3.4 Variasi suhu pemanasan pada sintesis nanopartikel emas

Volume Bioreduktor (mL)	Lar. H _{AuCl} ₄ 0,5 mM	Suhu (°C)	Waktu (menit)
	5	50	
Hasil Volume	5	60	Hasil Waktu
Terbaik pada	5	70	Terbaik pada
Tabel 3.2	5	80	Tabel 3.3
	5	90	

3.5.4 Waktu Kestabilan Nanopartikel Emas

Nanopartikel emas dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk mengetahui panjang gelombang dan nilai absorbansi nanopartikel emas serta dapat menentukan terbentuknya nanopartikel emas dengan variasi

volume bioreduktor, waktu pemanasan, dan kestabilannya. Pengukuran spektrofotometer UV-Vis dilakukan pada Panjang 300-700 nm. Selanjutnya, diamati pengaruh waktu kontak daun murbei dengan absorbansinya pada hari ke-0, ke-1, ke-7, ke-14, dan ke-21 untuk mengetahui adanya perbedaan absorbansi dan λ_{maks} yang dihasilkan.

3.5.5 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan TEM (Transmission Electron Microscopy)

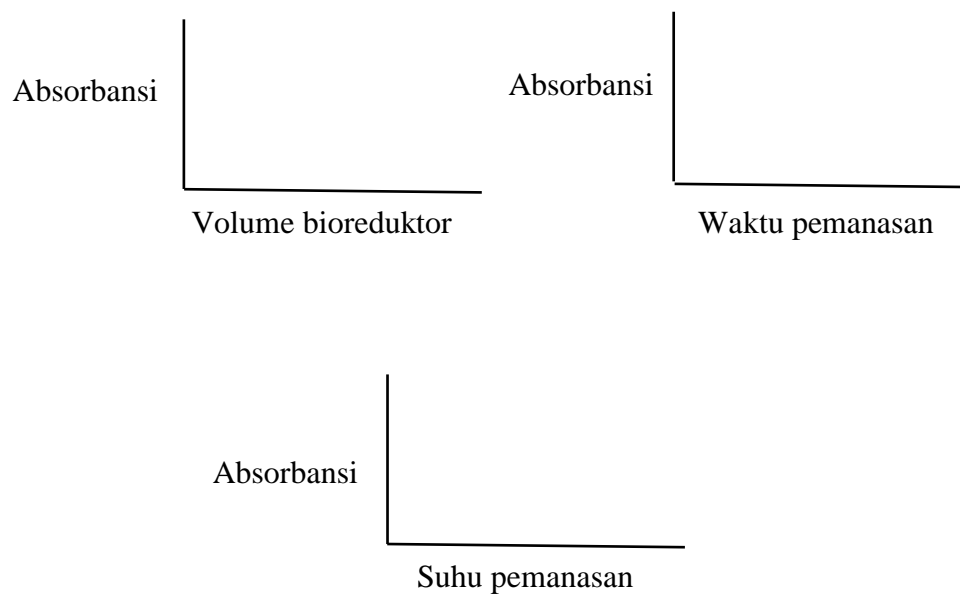
Karakterisasi dengan TEM dilakukan agar dapat mengetahui morfologi (bentuk dan ukuran) pada nanopartikel emas. Sampel diambil sebanyak 1 grid untuk dikarakterisasi menggunakan instrument TEM dengan perbesaran 20.000-150.000 kali.

3.5.6 Analisa Data

Hasil sintesis nanopartikel emas dengan ekstrak daun murbei dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan TEM akan diolah menggunakan *Image J* dan *IBM SPSS Statistics*.

3.5.6.1 Hubungan antara Volume Bioreduktor, Waktu, dan Suhu Pemanasan dengan Absorbansi

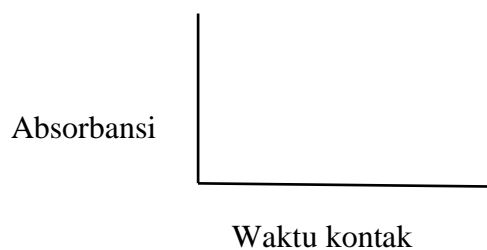
Nilai absorbansi dan panjang gelombang yang diperoleh akan dimasukkan ke dalam tabel lalu dihitung untuk mendapatkan nilai volume bioreduktor, waktu pemanasan, dan suhu pemanasan terbaik yang akan dianalisis di tahap selanjutnya. Berikut grafik hubungan antara volume bioreduktor dan waktu pemanasan dengan absorbansi:



Tahap akhir akan diuji statistik menggunakan *one way anova* agar dapat mengetahui pengaruh volume bioreduktor dan waktu pemanasan yang optimum.

3.5.6.2 Hubungan Waktu Kontak daun Murbei dengan Absorbansi

Nilai absorbansi dan waktu kontak yang didapat akan digunakan untuk menentukan kestabilan nanopartikel emas. Berikut grafik hubungan antara waktu kontak daun murbei dengan absorbansi:



Tahap akhir akan diuji statistik menggunakan *one way anova* agar dapat mengetahui pengaruh kestabilan AuNPs pada selang waktu yang ditentukan.

3.5.6.3 Analisa Hasil TEM dengan Image J dan Origin

Hasil Analisa TEM akan diolah dengan Image J untuk menentukan morfologi beserta ukuran AuNPs. Hasil dari Image J akan dilanjutkan pada pembuatan grafik Gaussian dengan Origin untuk menentukan ukuran rata-rata AuNPs yang terbentuk pada sampel.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemilihan dan Preparasi Sampel Bioreduktor Ekstrak Daun Murbei

Pada penelitian ini, nanopartikel emas disintesis menggunakan ekstrak daun murbei (*Morus alba L.*) sebagai bioreduktor yang dapat berfungsi sebagai *capping agent* serta reduktor alami pada ion Au^{3+} menjadi Au^0 . Daun murbei mengandung senyawa kimia flavonoid, alkaloid, terpenoid, saponin, dan tannin yang mampu menghasilkan atau membentuk nanopartikel pada logam emas (Adavallan & Krishnakumar, 2014). Berdasarkan penelitian tentang kandungan senyawa bioaktif oleh Chen et al, (2021), terdapat kandungan senyawa bioaktif tertinggi di antara kelas fitokimia utama yang ada pada daun murbei yakni rutin dan quercetin secara berturut-turut sebanyak 21,36-56,41 mg RE/g DW dan 20,4-187,23 mg QUE/ g.



Gambar 4.1 Daun Murbei (*Morus alba L.*)

Langkah awal yang dilakukan dalam preparasi sampel yaitu pencucian daun murbei yang dilakukan sampai bersih lalu dikeringkan pada suhu ruang selama lima hari karena hasil terakhir yang didapatkan pada tahapan preparasi berwujud serbuk maka pengeringan daun bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang terdapat

pada daun murbei. Berdasarkan jurnal penelitian dari Handayani et al., (2017) kadar air dapat mempengaruhi kualitas serbuk seperti mudah terkontaminasi oleh mikroba serta terdapat kemungkinan fisik serbuk menjadi rusak yang mana dapat mempengaruhi hasil penelitian. Setelah dikeringkan pada suhu ruang selama lima hari, daun murbei dihaluskan. Serbuk daun murbei disimpan di tempat yang kering, tidak lembap, dan terhindar dari sinar matahari langsung agar tidak rusak. Pada proses ekstraksi, daun murbei ditimbang seberat 10 gram dan dilarutkan dengan 100 mL air deionisasi lalu dipanaskan dalam waterbath dengan suhu 60°C selama 15 menit. Suhu 60°C digunakan agar kandungan metabolit sekunder pada ekstrak daun murbei tidak rusak oleh suhu pemanasan yang tinggi. Hal ini dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan oleh Cui et al., (2019) yang menyatakan bahwa suhu optimum kandungan metabolit sekunder pada daun murbei berada pada suhu 70°C. Selanjutnya ekstrak air daun murbei disaring menggunakan kertas Whatman no. 1 sebanyak dua kali kemudian ekstrak pekat daun murbei diencerkan hingga diperoleh ekstrak daun murbei dengan konsentrasi 10% yang akan digunakan untuk proses sintesis nanopartikel emas.

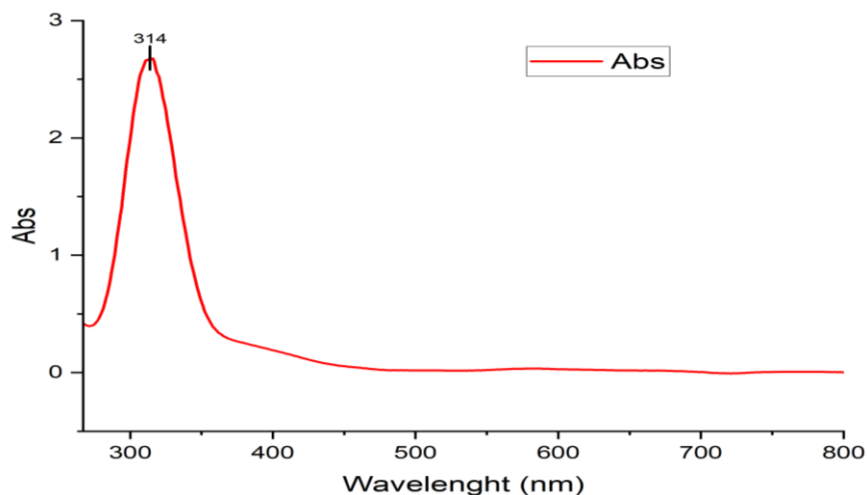
4.2 Penentuan λ_{\max} Larutan HAuCl₄ 0,5 mM

Langkah awal dalam pembuatan larutan *gold salt* HAuCl₄ adalah menimbang lempengan emas sebesar 0.0493 gram lalu dilarutkan ke dalam air raja. Air raja atau aquaregia terdiri dari campuran HCl : HNO₃ (3:1). Meskipun emas tergolong logam inert, emas dapat larut di dalam aquaregia dikarenakan HCl merupakan asam yang sangat kuat lalu ion Cl akan membantu ion emas membentuk ion kompleks yang disebut ion tetrakloroaurat (III) atau [AuCl₄]⁻ sedangkan asam nitrit berfungsi sebagai agen pengoksidasi yang mampu mengubah sejumlah kecil

emas berubah ke bentuk ion nya, yaitu Au^{3+} . Persamaan reaksi yang diperoleh yaitu (Amiruddin & Taufikurrohmah, 2013):



Proses pelarutan emas di dalam aquaregia dibantu dengan pemanasan menggunakan *hotplate* agar mempercepat proses reaksi. Berdasarkan Lestari et al, (2022) pemanasan dilakukan dengan suhu 120°C . Dalam proses tersebut, larutan yang semula berwarna kuning berubah menjadi jingga disertai dengan adanya letupan gelembung. Letupan-letupan gelembung yang terjadi selama proses pemanasan merupakan gas H_2 dan NO_2 lalu setelah beberapa saat larutan kembali berwarna kuning serta tidak terjadi letupan gelembung. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses pemanasan membantu menghilangkan gas NO_2 dan H_2 yang merupakan produk sampingan dari reaksi antara emas murni dengan aquaregia hingga sisa-sisa asam yang terdapat pada larutan menguap seluruhnya. Setelah itu, larutan HAuCl_4 diencerkan ke dalam labu takar 500 mL hingga tanda batas lalu dihasilkan larutan HAuCl_4 . Selanjutnya larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui panjang gelombang maksimum pada HAuCl_4 sebagai perbandingan antara larutan yang belum bereaksi dengan bioreduktor dan sesudah bereaksi dengan bioreduktor. Hasil panjang gelombang maksimum yang diperoleh yaitu sebesar 314 nm.



Gambar 4.2 Spektrum UV-Vis HAuCl₄

4.3 Sintesis Nanopartikel Emas

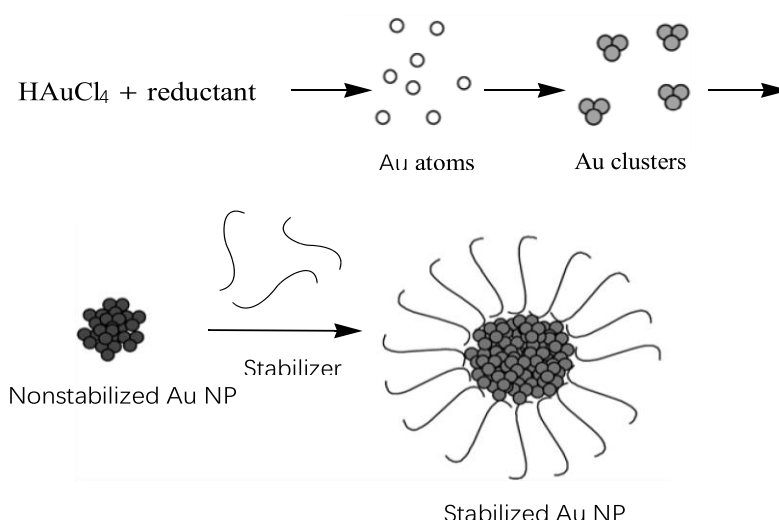
Pada penelitian ini, sintesis nanopartikel dibuat dengan cara mencampurkan larutan HAuCl₄ dengan bioreduktor ekstrak daun murbei yang berfungsi sebagai reduktor serta agen penstabil yang bertujuan untuk menghasilkan partikel emas berukuran nanometer. Mekanisme yang terjadi pada sintesis ini terdiri dari dua langkah: langkah pertama, yaitu proses reduksi ion Au yang semula berada dalam bentuk *trivalent* (Au³⁺) pada larutan HAuCl₄ menjadi atom dalam bentuk *zero-valent* (Au⁰), dan langkah kedua, yaitu tahap pertumbuhan dan stabilisasi hasil AuNPs yang diperoleh.

Pada langkah pertama, proses reduksi yang terjadi disebabkan oleh ekstrak daun Murbei yang memiliki kandungan molekul pereduksi seperti flavonoid, dan senyawa-senyawa antioksidan. Flavonoid dianggap memiliki kemampuan sebagai agen pereduksi yang kuat sehingga terlibat dalam proses reduksi HAuCl₄ dengan menyumbangkan elektron-elektron bebas. Menurut Zuhrotun et al (2023), flavonoid menyediakan elektron dalam reaksi mereduksi ion logam menjadi

nanopartikel melalui pemutusan ikatan -O-H dari bentuk enolnya. Berdasarkan analisis spektrum FTIR pada penelitian yang dilakukan oleh (Zuhrotun et al., 2023) diketahui bahwa terjadi pergeseran bilangan gelombang ke arah yang lebih tinggi untuk kedua jenis nanopartikel dibandingkan dengan ekstraknya, serta pergeseran gugus C=O ke arah yang lebih rendah yang mengindikasikan bahwa flavonoid juga terdapat pada permukaan AuNPs dan terjadi oksidasi gugus hidroksil flavonoid menjadi gugus keton. Flavonoid ini dapat bereaksi dengan ion logam melalui gugus hidroksil pada bagian katekol, yang energi disosiasinya lebih rendah daripada gugus hidroksil pada cincin aromatik, dan mereduksi ion logam menjadi partikel nano. Selanjutnya terjadi proses stabilisasi nanopartikel, dimana bentuk enol dari flavonoid yang teroksidasi menjadi bentuk keto sebagai hasil kompensasi dari reaksi reduksi ion logam menjadi nanopartikel akan menempel pada permukaan nanopartikel sehingga mencegah terjadinya agregasi.

Pembentukan nanopartikel emas terjadi melalui beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu tahap aktivasi dimana terjadi pembentukan atom individu yang telah diperoleh melalui hasil reduksi Au^{3+} menjadi Au^0 dikarenakan ion Au^{3+} memiliki muatan positif, apabila sesama ion Au^{3+} bertemu maka akan terjadi peristiwa tolak menolak sebagai akibat dari muatan yang sama sehingga dibutuhkan pembentukan atom Au^0 agar dapat berinteraksi satu sama lain sebagai efek dari ikatan antar logam. Selanjutnya terjadi proses nukleasi dan pembentukan kluster atom. Pada proses ini, atom *zero-valent* pada Au yang sudah terbentuk dapat berperan sebagai pusat nukleasi dalam penggabungan atom-atom Au melalui ikatan logam sehingga terbentuklah kluster Au. Tahap kedua yaitu pertumbuhan, ukuran kluster akan mengalami pertumbuhan dalam ukuran tertentu dikarenakan setelah melalui

nukleasi, pembentukan kluster dalam media aqueous tidak stabil dikarenakan terdapat proses agregasi dimana penggabungan kluster Au akan terus berlanjut sampai terbentuk endapan untuk mencegah hal tersebut diperlukan tahap terminasi yakni stabilisasi nanopartikel. Stabilisasi memerlukan *capping agents* pada nanopartikel untuk menghambat atau menghalangi terjadinya proses agregasi. Pada penelitian ini selain sebagai reduktor, senyawa metabolit sekunder pada ekstrak daun murbei juga berperan sebagai *capping agent* pada nanopartikel emas. Ilustrasi dapat dilihat sebagai berikut:



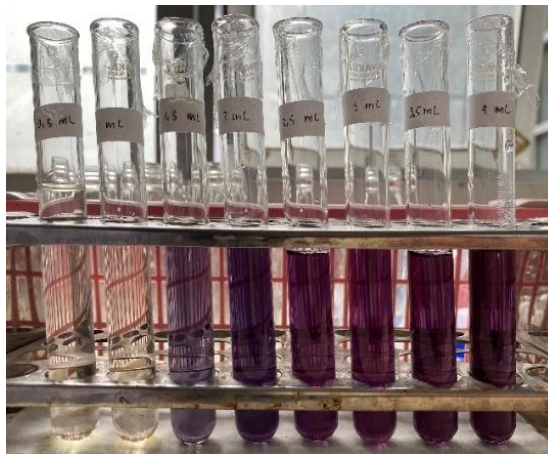
Gambar 4.3 Mekanisme pertumbuhan dan pembentukan nanopartikel emas (Apyari et al., 2014)

Pembentukan nanopartikel emas dapat dikonfirmasi melalui perubahan warna pada koloid dari kuning terang menjadi merah-ungu setelah dilakukan pemanasan. Perubahan warna larutan koloid yang terjadi disebabkan oleh resonansi plasmon permukaan (SPR). Koloid pada AuNPs memiliki fenomena SPR yang ditunjukkan dari absorbansi dan penyerapan nilai pada panjang gelombang yang

diukur oleh spektrofotometer UV-Vis. Karakteristik pita SPR pada nanopartikel emas (AuNPs) berada di rentang 500-600 nm tergantung ukuran (Mubeen et al., 2022). Pada penelitian ini, terjadi perubahan rentang panjang gelombang dari 314 nm menjadi 580-543 nm dikarenakan terjadinya pergeseran batokromik pada panjang gelombang maksimum. Posisi pita SPR pada spektrum UV-Vis sensitif terhadap ukuran dan bentuk pada nanopartikel. Morfologi (bentuk dan ukuran) pada nanopartikel emas ditentukan dari beberapa kondisi, yaitu: pH, temperatur, waktu sintesis, konsentrasi atau volume ekstrak tanaman, dan konsentrasi *metal salt*. Pada penelitian ini, untuk mengetahui kondisi terbaik yang dibutuhkan dalam pembuatan AuNPs akan dilakukan tiga variasi percobaan, yaitu: volume bioreduktor, waktu dan temperatur pemanasan.

4.3.1 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Volume

Sintesis nanopartikel emas dilakukan menggunakan variasi volume bioreduktor sebanyak 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3; 3,5 dan 4 mL pada suhu 70°C dengan pemanasan selama 25 menit. Tujuan dari pemberian volume secara bervariasi ialah untuk mengetahui volume bioreduktor yang paling optimum dalam pembuatan nanopartikel emas (AuNPs). Proses pembentukan AuNPs dapat diobservasi secara visual dari perubahan warna pada larutan. **Gambar 4.4**, menunjukkan bahwa terjadi transisi warna dari kuning terang (prekursor) menuju ungu (AuNPs), fenomena perubahan warna larutan merupakan awal indikasi terbentuknya AuNPs (Ghosh et al., 2021) diikuti dengan karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui panjang gelombang maksimum sebagai indikasi terbentuknya nanopartikel emas.



Gambar 4.4 Hasil Sintesis AuNPs dengan Variasi Volume Bioreduktor

Gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin bertambahnya volume bioreduktor yang diberikan maka warna koloid nanopartikel emas yang dihasilkan semakin berwarna pekat. Pada volume 0,5 mL diperoleh puncak dengan panjang gelombang sebesar 311 nm sedangkan pada volume 1mL diperoleh puncak sebesar 235 nm yang mana tidak sesuai dengan rentang panjang gelombang AuNPs yang berada di rentang 500-600 nm maka hal tersebut menunjukkan bahwa dengan penambahan volume bioreduktor sebesar 0,5 dan 1 mL belum membentuk nanopartikel emas dengan sepenuhnya. Meskipun tidak terdapat perubahan warna pada penambahan variasi volume bioreduktor sebanyak 0,5 dan 1 mL, kemungkinan terbentuknya Au^0 sudah terjadi tetapi atom-atom Au yang ada belum membentuk nanopartikel emas sedangkan pada penambahan volume bioreduktor mulai dari 1,5 mL sampai dengan 4 mL menunjukkan perubahan warna yang terjadi pada koloid dan menghasilkan kisaran panjang gelombang yang berada di rentang 500-600 nm yang mana sesuai dengan karakteristik pembentukan AuNPs (Mubeen et al., 2022). Puncak panjang gelombang yang didapat dapat dilihat pada tabel berikut:

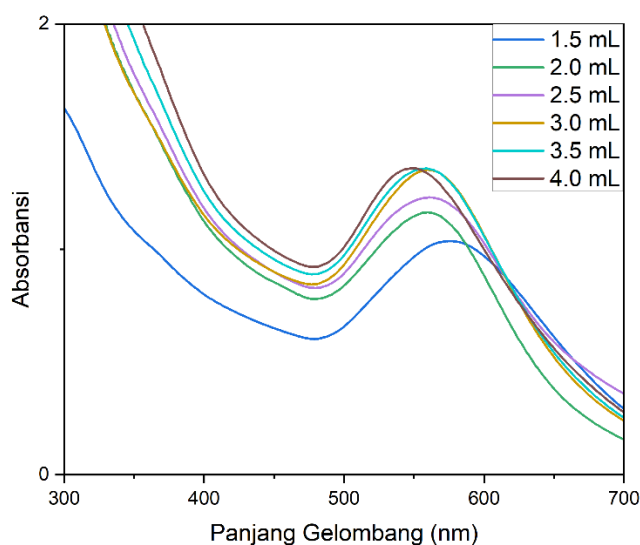
Tabel 4.1 Hasil nanopartikel emas terhadap variasi volume

Volume (mL)	Rata-Rata λ_{\max}	Rata-Rata Absorbansi	Keterangan
0,5	315	0,605 ^a	Belum terbentuk AuNPS
1	315	0,819 ^b	Belum terbentuk AuNPs
1,5	578	1,037 ^c	Terbentuk AuNPs
2	567	1,178 ^d	Terbentuk AuNPs
2,5	562	1,232 ^d	Terbentuk AuNPs
3	559	1,354 ^e	Terbentuk AuNPs
3,5	556	1,360 ^e	Terbentuk AuNPs
4	552	1,366 ^e	Terbentuk AuNPs

Keterangan: Angka yang diikuti notasi abjad yang tidak sama pada kolom rata-rata menunjukkan hasil yang berbeda nyata menurut uji Tukey pada taraf uji 0,05

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya volume bioreduktor yang diberikan maka λ_{\max} yang dihasilkan akan semakin kecil dan absorbansi yang dihasilkan akan semakin besar. Menurut (Lembang & Zakir, 2014) absorbansi mengindikasikan jumlah nanopartikel yang terbentuk. Semakin banyak volume bioreduktor yang diberikan maka kemampuan untuk mereduksi Au^{3+} menjadi Au^0 semakin bertambah. Apabila banyak Au^{3+} yang sudah tereduksi, atom-atom Au akan saling berikatan membentuk kluster lalu terbentuk nanopartikel. Selain berperan sebagai reduktor, ekstrak daun murbei juga berperan sebagai *capping agent* yang berguna untuk menghalangi kluster-kluter untuk saling bergabung menghasilkan ukuran partikel yang semakin besar. Semakin bertambahnya volume ekstrak daun yang diberikan, maka kemampuan *capping agent* untuk melapisi nanopartikel akan semakin kuat sehingga AuNPs yang terbentuk dapat semakin kecil. Hal ini dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan oleh ElMitwalli, et al (2020) yang melakukan sintesis nanopartikel emas menggunakan ekstrak kulit kayu manis menghasilkan pergeseran panjang

gelombang yang semakin mengecil setelah dilakukan penambahan volume ekstrak yaitu 579 menjadi 535 nm. Selanjutnya, untuk mengetahui volume optimum yang dihasilkan oleh bioreduktor dapat dilihat melalui absorbansi tertinggi pada λ_{\max} yang diperoleh. Berikut merupakan grafik hubungan absorbansi rata-rata dengan volume bioreduktor yang ditambahkan:



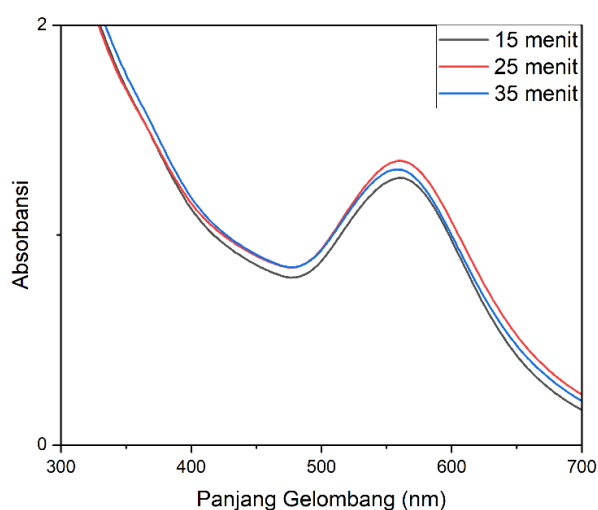
Gambar 4.5 Grafik hubungan variasi volume bioreduktor dengan absorbansi

Untuk menentukan hasil yang optimum dari penambahan volume bioreduktor dapat dilihat dari nilai absorbansi tertinggi yang diperoleh. Berdasarkan data yang didapat, penambahan bioreduktor sebesar 4 mL memiliki jumlah absorbansi terbesar namun perlu dilakukan analisis data statistik secara lebih lanjut untuk menentukan volume optimum pada variasi penambahan ekstrak daun murbei pada penelitian ini. Setelah dilakukan analisis BNJ Tukey HSD, diperoleh data pada Tabel 4.1 yang menunjukkan bahwa penambahan volume bioreduktor sebanyak 4 mL tidak berbeda nyata dengan penambahan volume bioreduktor sebanyak 3 dan

3,5 mL sehingga pada variasi ini peneliti memutuskan untuk menggunakan bioreduktor sebanyak 3 mL sebagai volume optimum.

4.3.2 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Waktu

Waktu pemanasan yang digunakan pada sintesis nanopartikel emas bervariasi, yaitu selama 15, 25, dan 35 menit yang bertujuan untuk mengetahui waktu optimum pada pembentukan AuNPs yang selanjutnya akan dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui λ_{\max} beserta absorbansi. Selama proses pemanasan, perubahan warna yang terjadi pada koloid AuNPs berbeda-beda. Pada waktu 15 dan 25 menit menghasilkan koloid AuNPs yang berwarna ungu sedangkan pada waktu 35 menit warna yang diperoleh merupakan ungu gelap, menurut (Wang & Gunasekaran, 2012) waktu pemanasan yang lebih lama menghasilkan warna pada sampel yang lebih pekat. Berikut grafik hubungan absorbansi rata-rata dengan waktu pemanasan:



Gambar 4.6 Grafik hubungan variasi waktu pemanasan dengan absorbansi

Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa waktu pemanasan dengan absorbansi tertinggi terdapat pada waktu 25 menit. Pada waktu pemanasan selama 15 menit diperoleh absorbansi terkecil dibanding dua variasi waktu lainnya yang menandakan bahwa waktu yang digunakan masih belum optimum sehingga nanopartikel belum terbentuk sepenuhnya. Alasan mengapa pada waktu 15 menit hasil AuNPs yang diperoleh masih belum stabil dikarenakan interaksi yang terjadi di antara senyawa metabolit sekunder pada bioreduktor dengan ion-ion Au^{3+} masih belum bereaksi seluruhnya. Pemanasan dapat mempengaruhi laju reaksi yang mana mempengaruhi energi kinetik yang dapat mempercepat reaksi pembentukan AuNPs. Waktu 15 menit dapat digunakan untuk mensintesis AuNPs pada penelitian ini apabila suhu yang digunakan menjadi lebih tinggi. Selanjutnya pembentukan nanopartikel pada waktu pemanasan selama 35 menit memperoleh absorbansi yang lebih besar dibandingkan variasi 15 menit tetapi lebih kecil dibandingkan variasi 25 menit. Hal ini terjadi dikarenakan waktu pemanasan yang dilakukan lebih lama diduga menyebabkan nanopartikel emas menjadi kurang stabil sebagai akibat dari kemungkinan terjadinya kerusakan pada senyawa organik pada bioreduktor ekstrak daun murbei dalam melapisi (*capping*) nanopartikel emas agar tetap dalam ukuran yang stabil.

Pernyataan tersebut dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan oleh Dewi et al, (2020) yang melakukan sintesis AuNPs dengan variasi waktu pemanasan selama 5, 15, 30, dan 45 menit menghasilkan absorbansi terendah pada waktu terlalu lama yang digunakan. Fenomena ini terjadi dikarenakan pada proses pemanasan yang berlangsung lebih lama dapat mempengaruhi kualitas senyawa metabolit sekunder dalam ekstrak daun murbei. Menurut (Wayan et al., 2017) semakin lama

proses pemanasan dapat menyebabkan kerusakan pada senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, tannin, dan fenol yang ada pada tanaman. Apabila senyawa yang berguna sebagai reduktor dalam proses pembentukan AuNPs rusak, maka senyawa tersebut tidak dapat berikatan dengan ion-ion Au^{3+} secara sempurna dan juga kemampuan untuk menghambat penggabungan kluster-kluster Au akan semakin berkurang.

Melalui pernyataan di atas diketahui bahwa waktu pemanasan memiliki peran penting terhadap pembentukan AuNPs dalam penelitian ini. Dilihat dari Grafik 4.6 menunjukkan bahwa waktu pemanasan selama 25 menit memiliki nilai absorbansi tertinggi di antara lainnya meski begitu, analisis uji BNJ melalui data statistik tetap diperlukan untuk mengetahui waktu optimum secara akurat. Setelah dilakukan analisis uji BNJ Tukey HSD, diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hubungan data absorbansi AuNPs dengan variasi waktu

Waktu (menit)	λ_{max} (nm)	Rata-Rata Absorbansi
15	560	1,273 ^a
25	559	1,354 ^b
35	558	1,325 ^{ab}

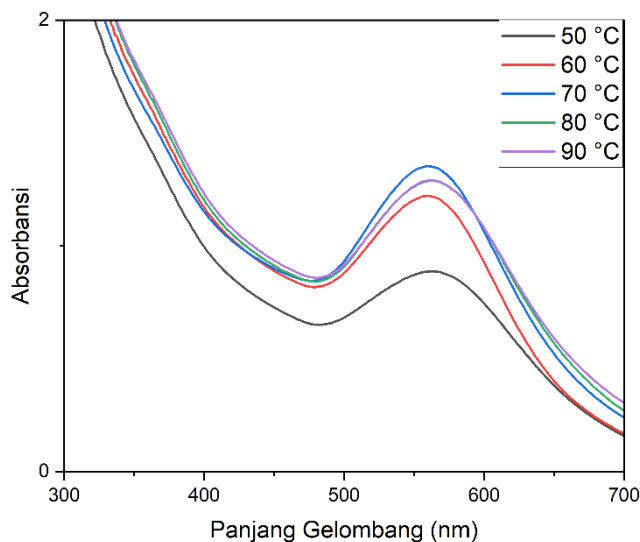
Keterangan: Angka yang diikuti notasi abjad yang tidak sama pada kolom rata-rata menunjukkan hasil yang berbeda nyata menurut uji Tukey pada taraf uji 0,05

Dapat disimpulkan bahwa penggunaan variasi waktu memiliki pengaruh yang berbeda nyata. Pada penelitian ini, waktu optimum yang didapat untuk sintesis nanopartikel emas yaitu dilakukan selama 25 menit.

4.3.3 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Suhu

Pada tahap ini, HAuCl_4 direaksikan dengan bioreduktor ekstrak daun murbei sebanyak 3 mL selama 25 menit pemanasan menggunakan *hotplate* dengan variasi suhu sebanyak 50, 60, 70, 80, dan 90°C yang bertujuan untuk menentukan suhu optimum pada pembentukan AuNPs. Alasan mengapa dibutuhkan suhu pemanasan yang optimum pada proses sintesis nanopartikel emas dikarenakan seiring bertambahnya suhu maka akan mempercepat reaksi pembuatan inti atom Au^0 dan mengikat atom Au lainnya membentuk kluster (Del Moral et al., 2020a) yang selanjutnya akan membentuk nanopartikel lalu mempercepat terjadinya agregasi.

Pada suhu 50°C, diperoleh koloid AuNPs berwarna ungu pucat yang mengindikasikan bahwa nanopartikel emas mulai terbentuk lalu pada suhu 60°C koloid AuNPs yang dihasilkan mulai mengeluarkan warna ungu yang stabil. Selanjutnya pada suhu 70°C menghasilkan warna ungu *wine-berry* kemudian pada suhu 80°C dan 90°C diperoleh warna koloid AuNPs yang cenderung lebih pekat dibandingkan dengan warna yang dihasilkan pada suhu sebelumnya. Untuk mengetahui suhu optimum yang dibutuhkan maka dapat dilihat dari nilai absorbansi yang diperoleh setelah diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Nilai absorbansi mengindikasikan jumlah nanopartikel emas yang telah terbentuk maka dari itu, koloid dengan nilai absorbansi tertinggi akan dipilih sebagai suhu pemanasan yang paling optimum.



Gambar 4.7 Grafik hubungan absorbansi dengan variasi suhu pemanasan

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada suhu pemanasan 70°C memiliki nilai absorbansi yang lebih besar daripada lainnya. Variasi suhu pemanasan terhadap pembentukan AuNPs juga menghasilkan durasi perubahan warna yang berbeda-beda. Setelah H_{Au}Cl₄ direaksikan dengan bioreduktor ekstrak daun murbei 3 mL selama 25 menit menggunakan suhu 50°C, perubahan warna pada koloid baru terjadi di menit-menit terakhir dan diperoleh nilai λ_{max} sebesar 563 nm. Selanjutnya pada suhu 60°C, perubahan warna mulai terjadi di menit ke 18 dengan λ_{max} sebesar 560 nm. Setelah itu pada suhu 70°C, perubahan warna terjadi di menit ke 14 dengan λ_{max} sebesar 559 nm sedangkan pada suhu 80 dan 90°C perubahan warna yang terjadi berlangsung cepat yaitu pada menit ke 10 dan ke 5 dengan nilai λ_{max} sebesar 563 dan 561 nm secara berturut-turut. Fenomena ini menunjukkan bahwa semakin tinggi penggunaan suhu pada sintesis maka semakin kecil nilai λ_{max} dan semakin besar pula absorbansi yang dihasilkan, hal ini sesuai

dengan penelitian yang dilakukan oleh Del Moral et al (2020) dapat dilihat pada suhu 50°C memiliki nilai absorbansi yang paling rendah mengindikasikan pembentukan AuNPs yang belum sempurna, hal ini menunjukkan bahwa sintesis AuNPs menggunakan bioreduktor ekstrak daun murbei membutuhkan waktu yang lebih lama untuk memulai reduksi ion emas pada suhu rendah (Elbagory et al., 2016).

Menurut Hammami, et al (2021), suhu pemanasan dapat mempengaruhi bentuk nanopartikel emas sedangkan Lestari et al (2022) menyimpulkan bahwa variasi suhu sintesis dapat mempengaruhi ukuran nanopartikel emas. Penelitian lain yang dilakukan oleh Anbu, et al (2020) menggunakan volume ekstrak daun *P. grandiflorum* sebanyak 10 mL dengan variasi suhu 20, 37, dan 50 °C menghasilkan suhu 50 °C merupakan suhu yang paling optimum pada penelitian tersebut, hal ini membuktikan bahwa suhu memiliki peran penting dalam mengontrol bentuk dan ukuran nanopartikel emas. Setelah dilakukan analisis data SPSS menggunakan uji BNJ Tukey HSD, suhu 70°C memiliki hasil yang berbeda nyata dengan suhu 50, 60, 80 dan 90°C.

Tabel 4.3 Hubungan data absorbansi AuNPs dengan variasi suhu

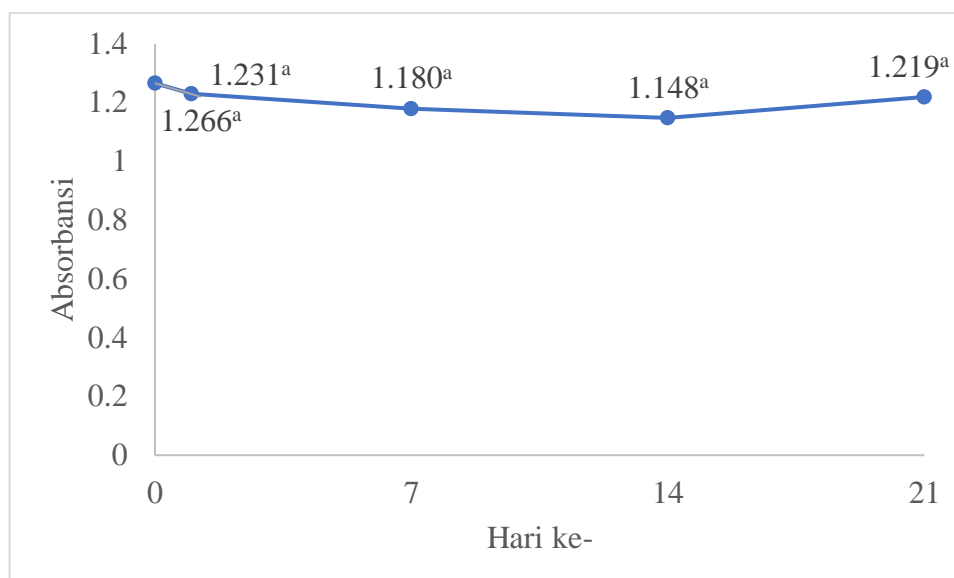
Suhu (°C)	λ_{\max} (nm)	Rata-Rata Absorbansi
50	563	0,8877 ^a
60	560	1,2230 ^b
70	559	1,3543 ^d
80	563	1,2903 ^c
90	561	1,2913 ^c

Keterangan: Angka yang diikuti notasi abjad yang tidak sama pada kolom rata-rata menunjukkan hasil yang berbeda nyata menurut uji Tukey pada taraf uji 0,05

Seiring bertambahnya suhu maka proses sintesis akan berjalan semakin cepat, ditandai dengan durasi waktu perubahan warna pada koloid. Apabila pemanasan berlangsung secara terus menerus maka akan terjadi agregasi pada AuNPs akibat dari kemungkinan terjadinya kerusakan pada senyawa organik pada bioreduktor ekstrak daun murbei sehingga dibutuhkan suhu pemanasan yang optimum, dari data-data di atas dapat disimpulkan suhu 70°C merupakan suhu optimum pada penelitian sintesis nanopartikel emas kali ini.

4.4 Waktu Kestabilan Nanopartikel Emas

Koloid nanopartikel emas yang sudah terbentuk dapat mengalami perubahan ukuran dan bentuk. Hal tersebut dapat diamati dari perubahan pada warna dan terbentuknya endapan pada koloid. Apabila terbentuk endapan secara terus menerus maka pertumbuhan nanopartikel emas menjadi tidak terkendali, Nanopartikel sendiri merupakan partikel yang memiliki ukuran pada rentang 1-100 nm, apabila melebihi 100 nm maka beberapa sifat fisika dan kimia pada nanopartikel menyimpang secara progresif. Maka dari itulah perlu diketahui pengaruh lama waktu kontak terhadap waktu kestabilan nanopartikel emas. Pengamatan dilakukan selama tiga minggu yang dilakukan pada hari ke-0, 1, 7, 14, dan 21 dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui absorbansinya.



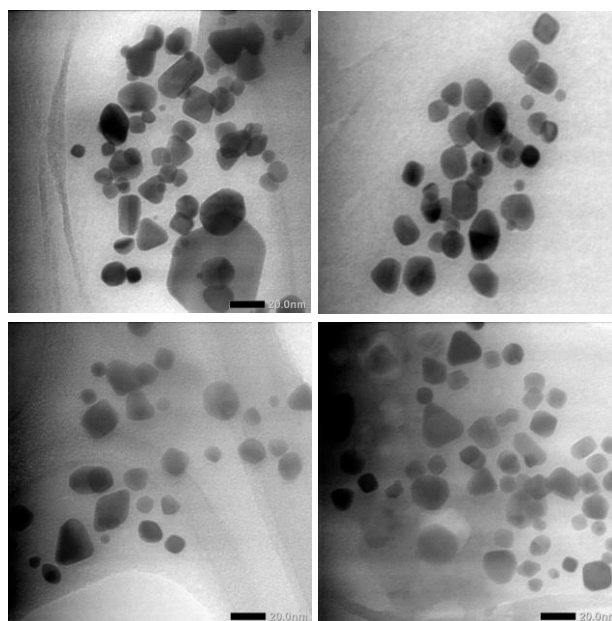
Gambar 4.8 Grafik hubungan kestabilan dengan absorbansi

Pengamatan yang dilakukan selama 21 hari menunjukkan hasil absorbansi yang berbeda-beda. Meskipun terdapat penurunan nilai absorbansi, setelah dilakukan analisis BNJ Tukey HSD agregasi yang dihasilkan tidak begitu signifikan lalu koloid AuNPs belum menunjukkan pengendapan secara visual. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh GM et al., (2021) yang menunjukkan terjadinya penurunan absorbansi namun agregasi yang terjadi tidak terlalu signifikan. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa nanopartikel emas menggunakan bioreduktor ekstrak daun murbei masih dalam keadaan stabil pada jangka waktu 21 hari.

4.5 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan TEM

Hasil koloid nanopartikel emas yang dibuat selanjutnya akan dikarakterisasi menggunakan *Transmission Electron Microscope* (TEM) untuk mengetahui morfologi (bentuk dan ukuran) nanopartikel emas yang terbentuk. Karakterisasi dilakukan dengan perbesaran 20000x, 40000x, 80000x, dan 150000x menghasilkan

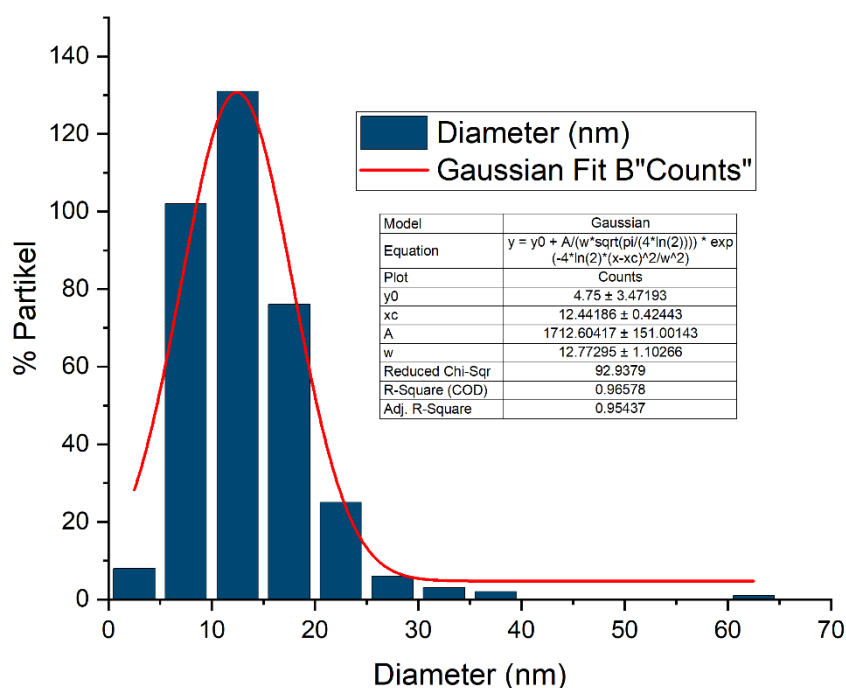
nanopartikel emas dengan berbagai macam bentuk dan ukuran. Bentuk yang dihasilkan yaitu *nanosphere*, *nanotriangle*, *nanocube*, *nanorods*, *nanohexagon*, dan *nanopentagon*, dengan ukuran bervariasi dari 3 nm sebagai ukuran terkecil sampai 62 nm sebagai ukuran terbesar. Hasil gambar dapat dilihat pada **Lampiran 6**.



Gambar 4.9 Hasil karakterisasi nanopartikel emas dengan perbesaran 150000

Pengukuran nanopartikel emas dilakukan melalui program ImageJ sedangkan untuk mengetahui distribusi ukuran nanopartikel emas dapat dilakukan menggunakan program OriginPro. Dari program tersebut dapat diketahui bahwa distribusi ukuran nanopartikel emas paling banyak berada pada ukuran 11-15 nm, diikuti dengan distribusi terbesar kedua ada pada rentang 5-10 nm, kemudian ada pada kisaran 16-20 nm. Setelah dilakukan perhitungan distribusi ukuran partikel menggunakan plot Gaussian dapat diketahui bahwa nanopartikel yang terbentuk pada penelitian ini menghasilkan ukuran rata-rata sebesar $12 \pm 0,424$ nm dengan

nilai polidispersitas sebesar 0,51%. Namun pada Gambar 4.9 dapat diperhatikan bahwa terdapat satu nanopartikel emas yang memiliki ukuran paling besar daripada partikel-partikel lainnya yakni 62,7 nm, fenomena tersebut terjadi dikarenakan pada AuNPs sudah mengalami agregasi. Hal ini mungkin terjadi sebab menggunakan *capping agent* dari bahan senyawa metabolit alam yang rentan terhadap kerusakan sehingga ketika kluster-kluster atom Au saling berikatan, nanopartikel akan bertumbuh secara terus menerus. Berikut merupakan grafik persebaran ukuran AuNPs pada penelitian ini:



Gambar 4.10 Plot histogram distribusi nanopartikel emas

4.6 Relevansi Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam

Allah adalah Sang Maha Pencipta dan Maha Bijaksana yang menciptakan segala sesuatu dengan tujuan yang baik untuk kepentingan makhluk-Nya. Allah

tidak menciptakan segala sesuatu-Nya dengan sia-sia, hal ini tercermin dalam Ad-Dukhan ayat 38-39 yang menyatakan:

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا لِعَيْنٍ ﴿٣٨﴾ مَا خَلَقْنَاهُمَا إِلَّا بِالْحَقِّ وَلَكِنَّ أَكْثَرَهُمْ
لَا يَعْلَمُونَ ﴿٣٩﴾

Artinya: “Tidaklah Kami ciptakan langit, bumi, dan apa yang ada di antara keduanya secara main-main. Tidaklah Kami ciptakan keduanya, kecuali dengan hak. Akan tetapi, kebanyakan dari mereka tidak mengetahui.”

Dalam ayat ini menegaskan bahwa penciptaan langit dan bumi tidak dilakukan dengan sia-sia atau tanpa tujuan. Hal ini menggarisbawahi bahwa segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah memiliki hikmah tertentu dibalikinya, meskipun kebanyakan manusia masih belum memahami maksud dibalik ciptaan-ciptaan Allah tersebut. Konsep bahwa segala sesuatu diciptakan dengan manfaat dapat dilihat dalam kehidupan sehari-hari, contohnya yaitu sumber daya alam yang memberikan banyak manfaat bagi para makhluk-Nya. Manusia pun diberikan akal dan keterampilan untuk dapat memanfaatkan sumber daya alam tersebut sesuai dengan kebutuhan.

Salah satu ciptaan Allah yang sangat diketahui memiliki banyak ragam manfaat adalah tanaman atau tumbuh-tumbuhan. Tumbuhan memiliki banyak peranan penting dalam kehidupan manusia dan lingkungan, salah satunya sebagai bahan pangan atau obat-obatan dikarenakan tanaman sendiri memiliki beberapa macam kandungan di dalamnya baik itu dari senyawa metabolit primer ataupun senyawa metabolit sekunder. Membahas tentang khasiat tanaman sebagai obat-obatan, pada beberapa dekade terakhir para peneliti banyak mengembangkan

teknologi nanomaterial dengan bantuan tumbuhan. Bila diaplikasikan ke dalam kehidupan sehari-hari, teknologi nanopartikel dapat digunakan di berbagai macam bidang seperti kesehatan, elektronik, industri energi, pangan, kosmetik, tekstil dan material (Hammami et al., 2021).

Pada pembuatan nanopartikel terdapat banyak bahan yang dapat digunakan sebagai bahan utama, salah satu dari bahan-bahan tersebut adalah logam. Terdapat beberapa jenis logam yang banyak digunakan para peneliti untuk disintesis menjadi nanopartikel, salah satunya merupakan logam emas. Emas memiliki karakteristik tersendiri yaitu logam lunak dengan warna yang berkilau dan tidak pudar serta tahan dengan korosi. Emas diketahui oleh banyak orang karena terkenal akan nilai jualnya yang tinggi sehingga logam emas sering dimanfaatkan sebagai bahan perhiasan, tidak jarang pada masa ini emas disimpan untuk investasi atau tabungan masa depan. Sedangkan apabila manusia ingin mengetahui atau belajar lebih dalam, emas memiliki potensi untuk dimanfaatkan secara lebih luas. Pada zaman ini perkembangan emas banyak dibuat sebagai nanopartikel yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai macam hal.

Dalam pembuatannya, emas dapat disintesis dengan bantuan tanaman. Penggunaan tanaman pun dapat mengurangi produk samping hasil pembentukan nanopartikel emas yang berkemungkinan menjadi ancaman bagi lingkungan serta nanopartikel yang dihasilkan jauh lebih aman bila diaplikasikan ke dalam jaringan hidup seperti dalam bidang kosmetik dan biomedis. Nanopartikel emas dianggap sebagai material yang berharga dalam produk kosmetik dikarenakan sifat antifungal dan antibacterial yang dimilikinya. AuNPs dalam dunia kosmetik meningkatkan penetrasi kulit dan mengontrol pelepasan bahan aktif, meningkatkan stabilitas, dan

daya pelembab serta bertindak sebagai bahan aktif itu sendiri (Majerič et al., 2023). Perkembangan nanoteknologi yang pesat pada akhir abad ke 20 dan awal abad ke-21 membuat nanopartikel emas menjadi salah satu objek yang paling banyak dipelajari secara intensif untuk diaplikasikan ke dalam dunia kedokteran dikarenakan terdapat aktivitas *antimicrobial*, *antiviral*, antioksidan, *anticancer*, bahkan terdapat sifat-sifat pada nanopartikel emas yang sangat bermanfaat yaitu aktivitas antiinflamasi, *antidiabetic*, *drug delivery*, dsb (Mikhailova, 2021). Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa logam emas dan tumbuhan sangat memiliki banyak manfaat yang dapat digunakan untuk tujuan kebaikan sehingga benar adanya bahwa segala sesuatu yang Allah ciptakan di dunia ini tidak ada yang sia-sia, semua memiliki manfaat baik untuk manusia, tumbuhan, binatang maupun lingkungan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi volume bioreduktor, waktu serta suhu pemanasan berpengaruh pada pembentukan nanopartikel emas. Volume bioreduktor yang paling optimum dalam pembentukan AuNPs yakni menggunakan ekstrak daun murbei sebanyak 3 mL dengan pemanasan yang selama 25 menit pada suhu 70°.
2. Nanopartikel emas yang terbentuk stabil sampai hari ke-21.
3. Analisa menggunakan TEM menunjukkan rata-rata ukuran nanopartikel yang terbentuk sekitar 12,44 nm, dengan bentuk *nanosphere*, *nanocubes*, dan *nanotriangle*.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang perlu dijadikan bahan pertimbangan, yaitu:

1. Dibutuhkan konsentrasi yang tepat pada bioreduktor dalam sintesis AuNPs serta ekstrak harus dijaga kesegarannya.
2. Penelitian lebih lanjut direkomendasikan untuk aplikasi AuNPs.

DAFTAR PUSTAKA

- Adavallan, K., & Krishnakumar, N. (2014). Mulberry leaf extract mediated synthesis of gold nanoparticles and its anti-bacterial activity against human pathogens. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 5(2). <https://doi.org/10.1088/2043-6262/5/2/025018>
- Aljabali, A. A. A., Akkam, Y., al Zoubi, M. S., Al-Batayneh, K. M., Al-Trad, B., Alrob, O. A., Alkilany, A. M., Benamara, M., & Evans, D. J. (2018). Synthesis of gold nanoparticles using leaf extract of ziziphus zizyphus and their antimicrobial activity. *Nanomaterials*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/nano8030174>
- Amin, F., Mahardika, M., Fatimah, S., Studi Kimia, P., & Tinggi Analisis Kimia Cilegon, S. (2020). Synthesis and Characterization of Gold Nanoparticles Using Bioreductor of Crescentia cujete Leaf Extracts. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia* 54 Juli, 4(2).
- Aminah, S. (2018). Karakterisasi Batuan Bijih Emas. *Jurnal Elemen* , 5(2).
- Aminah, S., Suwaldi, S., Fudholi, A., & Wahyono, W. (2015). The Effect of Encapsulated Mulberry (*Morus alba* L.) Leaves Extract on Arterial Blood Pressure in Rats. *Majalah Obat Tradisional*, 19(3), 149–155. <https://jurnal.ugm.ac.id/TradMedJ/article/view/8372>
- Amiruddin, M. A., & Taufikurrohmah, T. (2013). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan Matriks Bentonit sebagai Material Peredam Radikal Bebas dalam Kosmetik. *UNESA Journal of Chemistry*, 2(1).
- Anbu, P., Cb Gopinath, S., & Jayanthi, S. (2020). Synthesis of Gold Nanoparticles Using Platycodon Grandiflorum Extract and Its Antipathogenic Activity under Optimal Conditions. *Nanomaterials and Nanotechnology*, 10, 1–9. <https://doi.org/10.1177/1847980420961697>
- Anbu, P., Gopinath, S. C. B., & Jayanthi, S. (2020). Synthesis of gold nanoparticles using Platycodon grandiflorum extract and its antipathogenic activity under optimal conditions. *Nanomaterials and Nanotechnology*, 10. <https://doi.org/10.1177/1847980420961697>
- Anjum, D. H. (2016). Characterization of nanomaterials with transmission electron microscopy. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 146(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/146/1/012001>

- Apyari, V. V., Arkhipova, V. V., Dmitrienko, S. G., & Zolotov, Y. A. (2014). Using Gold Nanoparticles in Spectrophotometry. *Journal of Analytical Chemistry*, 69(1), 1–11. <https://doi.org/10.1134/S1061934814010031>
- Arshad, M. A., Mir, A. K., Mushtaq, A., Mamoon, M., Muhammad, Z., Shazai, S., Zia-u-Rehman, M., & Zahid, U. (2014). Ethnobotanical and taxonomic screening of genus *Morus* for wild edible fruits used by the inhabitants of Lesser Himalayas-Pakistan. *Journal of Medicinal Plants Research*, 8(25), 889–898. <https://doi.org/10.5897/JMPR2010.733>
- Bae, S. H., & Suh, H. J. (2007). Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea. *LWT*, 40(6), 955–962. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2006.06.007>
- Bharadwaj, K. K., Rabha, B., Pati, S., Sarkar, T., Choudhury, B. K., Barman, A., Bhattacharjya, D., Srivastava, A., Baishya, D., Edinur, H. A., Kari, Z. A., & Noor, N. H. M. (2021). Green synthesis of gold nanoparticles using plant extracts as beneficial prospect for cancer theranostics. In *Molecules* (Vol. 26, Issue 21). MDPI. <https://doi.org/10.3390/molecules26216389>
- Boruah, S. K., Boruah, K., Sarma, P., Medhi, C., & Medhi, O. K. (2012). ADVANCED MATERIALS Letters Green synthesis of gold nanoparticles using camellia sinensis and kinetics of the reaction. *Research Article Adv. Mat. Lett*, 2012(6), 481–486. <https://doi.org/10.5185/amlett.2012.icnano.103>
- Chandra Purnama, Y. H. (2022). Identifikasi Senyawa Kimia pada Ekstrak Daun Murbei (*MORUS ALBA*L). *Scientific Proceedings of Islamic and Complementary Medicine*, 1(1), 135–138. <https://doi.org/10.55116/spicm.v1i1.16>
- Chen, C., Razali, U. H. M., Saikim, F. H., Mahyudin, A., & Noor, N. Q. I. M. (2021). *Morus alba* L. Plant: Bioactive compounds and potential as a functional food ingredient. In *Foods* (Vol. 10, Issue 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/foods10030689>
- Chen, P. N., Chu, S. C., Chiou, H. L., Kuo, W. H., Chiang, C. L., & Hsieh, Y. S. (2006). Mulberry anthocyanins, cyanidin 3-rutinoside and cyanidin 3-glucoside, exhibited an inhibitory effect on the migration and invasion of a human lung cancer cell line. *Cancer Letters*, 235(2), 248–259. <https://doi.org/10.1016/J.CANLET.2005.04.033>
- Chen, X., Li, Q. W., & Wang, X. M. (2014). Gold Nanostructures for Bioimaging, Drug Delivery and Therapeutics. In *Precious Metals for Biomedical*

Applications (pp. 163–176). Woodhead Publishing.
<https://doi.org/10.1533/9780857099051.2.163>

Cui, H., Lu, T., Wang, M., Zou, X., Zhang, Y., Yang, X., Dong, Y., & Zhou, H. (2019). Flavonoids from morus alba L. Leaves: Optimization of extraction by response surface methodology and comprehensive evaluation of their antioxidant, antimicrobial, and inhibition of α -amylase activities through analytical hierarchy process. *Molecules*, 24(13).
<https://doi.org/10.3390/molecules24132398>

Dalavi, P. A., V, A. J., Thomas, S., Prabhu, A., Anil, S., Seong, G. H., & Venkatesan, J. (2022). Microwave-Assisted Biosynthesized Gold Nanoparticles Using Saussurea obvallata: Biocompatibility and Antioxidant Activity Assessment. *BioNanoScience*, 12(3), 741–751.
<https://doi.org/10.1007/S12668-022-00994-Y>

Dalimartha, S. (1999). *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia*. Trubus Agriwidya.

Del Moral, A., Rosas, G., & Lopez, T. (2020). Effect of Temperature on the Green Synthesis of Gold Nanoparticles by Cuphea aequipetala Plant Extract . *Microscopy and Microanalysis*, 26(S2), 2290–2292.
<https://doi.org/10.1017/s1431927620021091>

Dewi, A., Eka Putri, S., & Pince Salempa, dan. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan Trisodium Sitrat Sebagai Reduktor. *Jamb.J.Chem*, 2(01), 10–16.

Elbagory, A. M., Cupido, C. N., Meyer, M., & Hussein, A. A. (2016). Large Scale Screening of Southern African Plant Extracts for the Green Synthesis of Gold Nanoparticles Using Microtitre-Plate Method. *Molecules*, 21(11).
<https://doi.org/10.3390/molecules21111498>

ElMitwalli, O. S., Barakat, O. A., Daoud, R. M., Akhtar, S., & Henari, F. Z. (2020). Green Synthesis of Gold Nanoparticles Using Cinnamon Bark Extract, Characterization, and Fluorescence Activity in Au/eosin Y Assemblies. *Journal of Nanoparticle Research*, 22(10). <https://doi.org/10.1007/s11051-020-04983-8>

Ercisli, S., & Orhan, E. (2007). Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits. *Food Chemistry*, 103(4), 1380–1384. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2006.10.054>

Fazrin, E. I., Naviardianti, A. I., Wyantuti, S., Gaffar, S., & Hartati, Y. W. (2020). Review: Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Emas (AuNP) Serta

Konjugasi AuNP Dengan DNA Dalam Aplikasi Biosensor Elektrokimia. *PENDIPA Journal of Science Education*, 4(2), 21–39. <https://doi.org/10.33369/pendipa.4.2.21-39>

Ganesh Kumar, V., Dinesh Gokavarapu, S., Rajeswari, A., Stalin Dhas, T., Karthick, V., Kapadia, Z., Shrestha, T., Barathy, I. A., Roy, A., & Sinha, S. (2011). Facile green synthesis of gold nanoparticles using leaf extract of antidiabetic potent *Cassia auriculata*. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 87(1), 159–163. <https://doi.org/10.1016/J.COLSURFB.2011.05.016>

Ghosh, N. S., Pandey, E., Kaushik, M., Kadian, J. P., Chauhan, B., Yadav, A., & Singh, R. (2021). Green Synthesis of Gold Nanoparticles: A novel, Environment-Friendly, Economic, Safe Approach. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 14(4), 2041–2046. <https://doi.org/10.13005/bpj/2301>

GM, A. W., Putri, S. E., & Syahrir, M. (2021). Biosintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Ekstrak Etanol Daun Jambu Bol Putih. *Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 15(1), 18. <https://doi.org/10.20527/jstk.v15i1.9144>

Hammami, I., Alabdallah, N. M., jomaa, A. Al, & kamoun, M. (2021). Gold Nanoparticles: Synthesis Properties and Applications. *Journal of King Saud University - Science*, 33(7). <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101560>

Handayani, S., Ruslan Wirasutisna, K., & Insanu, M. (2017). PENAPISAN FITOKIMIA DAN KARAKTERISASI SIMPLISIA DAUN JAMBU MAWAR (*Syzygium jambos* Alston). In *JF FIK UINAM* (Vol. 5, Issue 3).

Hasan, H. A. E. Z., Made Artika, I., Fahri, V. R., & Sari, D. N. (2012). *Penerapan Teknologi Nanopartikel untuk Sediaan Obat (Antibiotik Berbasis Bahan Alam, Propolis Trigona sp.)*.

Hussain, F., Rana, Z., Shafique, H., Malik, A., & Hussain, Z. (2017). Phytopharmacological potential of different species of *Morus alba* and their bioactive phytochemicals: A review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(10), 950–956. <https://doi.org/10.1016/J.APJT.2017.09.015>

Hutagaol, E. R., & Utami, N. (2020). Potensi Nanopartikel dalam Agromedicine. In *J Agromedicine Unila* / (Vol. 7).

Javed, R., Zia, M., Naz, S., Aisida, S. O., Ul Ain, N., & Ao, Q. (2020). Role of capping agents in the application of nanoparticles in biomedicine and environmental remediation: recent trends and future prospects. *J Nanobiotechnol*, 18, 172. <https://doi.org/10.1186/s12951-020-00704-4>

- Jha, A. K., Prasad, K., Prasad, K., & Kulkarni, A. R. (2009). Plant system: Nature's nanofactory. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 73(2), 219–223. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2009.05.018>
- Karlık, M. (2001). Lattice Imaging In Transmission Electron Microscopy. *Materials Structure*, 8(1).
- Kaul, S., Gulati, N., Verma, D., Mukherjee, S., & Nagaich, U. (2018). Role of Nanotechnology in Cosmeceuticals: A Review of Recent Advances. *Journal of Pharmaceutics*, 2018, 1–19. <https://doi.org/10.1155/2018/3420204>
- Khan, A. K., Rashid, R., Murtaza, G., & Zahra, A. (2014). Gold Nanoparticles: Synthesis and Applications in Drug Delivery. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 13(7), 1169–1177. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v13i7.23>
- Lee, K. X., Shameli, K., Yew, Y. P., Teow, S. Y., Jahangirian, H., Rafiee-Moghaddam, R., & Webster, T. J. (2020). Recent developments in the facile bio-synthesis of gold nanoparticles (AuNPs) and their biomedical applications. In *International Journal of Nanomedicine* (Vol. 15, pp. 275–300). Dove Medical Press Ltd. <https://doi.org/10.2147/IJN.S233789>
- Lembang, M. S., & Zakir, M. (2014). *Sintesis Nanopartikel Emas dengan Metode Reduksi Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Ketapang (Terminalia catappa)*.
- Lestari, G. A. D., Cahyadi, K. D., & Esati, N. K. (2022). Biosintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Ekstrak Air Buah Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.). *Cakra Kimia*, 10(1).
- Mai, X. T., Tran, M. C., Hoang, A. Q., Nguyen, P. D. N., Nguyen, T. H., Tran, H. N., & Nguyen, P. T. (2021). Gold Nanoparticles from *Celastrus hindsii* and HAuCl_4 : Green Synthesis, Characteristics, and Their Cytotoxic Effects on HeLa Cells. *Green Processing and Synthesis*, 10(1), 73–84. <https://doi.org/10.1515/gps-2021-0009>
- Mainali, B. P., Pattadar, D. K., Zamborini, F. P., Adavallan, K., & Krishnakumar, N. (2014). Mulberry leaf extract mediated synthesis of gold nanoparticles and its anti-bacterial activity against human pathogens. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 5(2), 025018. <https://doi.org/10.1088/2043-6262/5/2/025018>

- Mikhailova, E. O. (2021). Gold nanoparticles: Biosynthesis and potential of biomedical application. In *Journal of Functional Biomaterials* (Vol. 12, Issue 4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/jfb12040070>
- Mikhailova, E. O., & Thakur, K. (2021). Functional Biomaterials Review Gold Nanoparticles: Biosynthesis and Potential of Biomedical Application. *Potential of Biomedical Application. J. Funct. Biomater.* 2021, 12, 70. <https://doi.org/10.3390/jfb12040070>
- Mubeen, B., Rasool, M. G., Ullah, I., Rasool, R., Imam, S. S., Alshehri, S., Ghoneim, M. M., Alzarea, S. I., Nadeem, M. S., & Kazmi, I. (2022). Phytochemicals Mediated Synthesis of AuNPs from *Citrullus colocynthis* and Their Characterization. *Molecules*, 27(4). <https://doi.org/10.3390/MOLECULES27041300>
- Nagajyothi, P. C., & Sreekanth, T. V. M. (2015). Green synthesis of metallic and metal oxide nanoparticles and their antibacterial activities. *Green Processes for Nanotechnology: From Inorganic to Bioinspired Nanomaterials*, 99–117. https://doi.org/10.1007/978-3-319-15461-9_4
- Nair, G. M., Sajini, T., & Mathew, B. (2022). Advanced green approaches for metal and metal oxide nanoparticles synthesis and their environmental applications. *Talanta Open*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.talo.2021.100080>
- Naitō, M., Yokoyama, T., Hosokawa, K., & Nogi, K. (2018). *Nanoparticle Technology Handbook* (3rd ed.). Elsevier.
- Narayanan, K. B., & Sakthivel, N. (2008). Coriander leaf mediated biosynthesis of gold nanoparticles. *Materials Letters*, 62(30), 4588–4590. <https://doi.org/10.1016/J.MATLET.2008.08.044>
- Nengsih, S. (2018). Kajian Variasi Ukuran Nanopartikel Emas Melalui Metode Seed Mediated Growth. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, 2018(2), 4–9.
- Nizamuddin, S., Hymavathi, A., Yaku, G., & Umesh Kumar, U. (2022). Green synthesis and characterization of ZnO nanoparticles-A novel approach using *Carica papaya* leaf extract. *Materials Today: Proceedings*, 62(P12), 6854–6856. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2022.05.053>
- Noviyanto, F. (2020). *Penetapan Kadar Ketoprofen dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis*. CV. Media Sains Indonesia.

https://books.google.co.id/books?id=hWYKEAAAQBAJ&printsec=copyright&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Philip, D. (2010). Green synthesis of gold and silver nanoparticles using *Hibiscus rosa sinensis*. *Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures*, 42(5), 1417–1424. <https://doi.org/10.1016/J.PHYSE.2009.11.081>

Prasetyo, K. W. (2020). *Aplikasi Nanoteknologi dalam Industri Hasil Hutan (Application Of Nanotechnology In Forest Products Industry)*. 2.

Rahmi, D., Yunilawati, R., & Ratnawati, E. (2012). Pengaruh Nanopartikel terhadap Aktifitas Antiaging pada Krim. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 14(3), 235–238.

Rakhi, M., & Gopal, B. B. (2012). Terminalia Arjuna Bark Extract Mediated Size Controlled Synthesis of Polyshaped Gold Nanoparticles and Its Application in Catalysis. *International Journal of Research in Chemistry and Environment*, 2(338), 338–344. www.ijrce.org

Respati, S. M. B. (2008). Macam-Macam Mikroskop dan Cara Penggunaan. *Momentum*, 4(2), 42–44.

Sánchez-Salcedo, E. M., Mena, P., García-Viguera, C., Hernández, F., & Martínez, J. J. (2015). (Poly)phenolic compounds and antioxidant activity of white (*Morus alba*) and black (*Morus nigra*) mulberry leaves: Their potential for new products rich in phytochemicals. *Journal of Functional Foods*, 18, 1039–1046. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.03.053>

Sánchez-Salcedo, E. M., Mena, P., García-Viguera, C., Martínez, J. J., & Hernández, F. (2015). Phytochemical evaluation of white (*Morus alba* L.) and black (*Morus nigra* L.) mulberry fruits, a starting point for the assessment of their beneficial properties. *Journal of Functional Foods*, 12, 399–408. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.12.010>

Santhosh, P. B., Genova, J., & Chamati, H. (2022). Review Green Synthesis of Gold Nanoparticles: An Eco-Friendly Approach. In *Chemistry (Switzerland)* (Vol. 4, Issue 2, pp. 345–369). MDPI. <https://doi.org/10.3390/chemistry4020026>

Savitri, E. S. (2008). *Rahasia Tumbuhan Berkhasiat Obat Perspektif Islam*. UIN Malang Press. <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=364438>

- Sembiring, T., Dayana, I., & Rianna, M. (2019). *Alat Penguji Material*. Guepedia Publisher.
https://scholar.google.co.id/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=GaDVBJIAAA&citation_for_view=GaDVBJIAAA:ufrVoPGSRksC
- Sovawi, A. C., Harjono, & Kusuma, S. B. W. (2016). Sintesis Nanopartikel Emas dengan Bioreduktor Ekstrak Buah Jamu Biji Merah (*Psidium guajava* L.). *J. Chem. Sci*, 5(3). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Srivastava, N., & Mukhopadhyay, M. (2015). Biosynthesis and Characterization of Gold Nanoparticles Using *Zooglea ramigera* and Assessment of Its Antibacterial Property. *Journal of Cluster Science*, 26(3), 675–692.
<https://doi.org/10.1007/S10876-014-0726-0/METRICS>
- Sunanto, H. (1997). *Budidaya Murbei dan Usaha Persuteraan Alam*. Kanisius.
<https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=521465>
- Torres-Rivero, K., Bastos-Arrieta, J., Fiol, N., & Florido, A. (2021). Metal and metal oxide nanoparticles: An integrated perspective of the green synthesis methods by natural products and waste valorization: applications and challenges. *Comprehensive Analytical Chemistry*, 94, 433–469.
<https://doi.org/10.1016/BS.COAC.2020.12.001>
- Tushar, R., & Babita, Al. (2013). Transmission Electron Microscopy-An Overview. *International Research Journal for Inventions in Pharmaceutical Sciences*, 1(2). <https://www.researchgate.net/publication/332104143>
- Wahyudiati, D. (2021). Analisis Relevansi Materi Sistem Periodik Unsur dengan Kearifan Lokal Sasak. *SPIN Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 3(2), 190–199. <https://doi.org/10.20414/spin.v3i2.4402>
- Wandelt, K. 1944-. (2018). *Encyclopedia of Interfacial Chemistry: Surface Science and Electrochemistry*. Amsterdam Elsevier.
- Wang, Y.-C., & Gunasekaran, S. (2012). Spectroscopic and Microscopic Investigation of Gold Nanoparticle Nucleation and Growth Mechanisms Using Gelatin as a Stabilizer. *J Nanopart Res*, 14(1200).
<https://doi.org/10.1007/s11051-012-1200-2>
- Wayan, N., Yuliantari, A., Rai, W., Dan I, W., Gede, D., & Permana, M. (2017). Pengaruh Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Kandungan Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) Menggunakan Ultrasonik The Influence of Time and Temperature on Flavonoid Content and

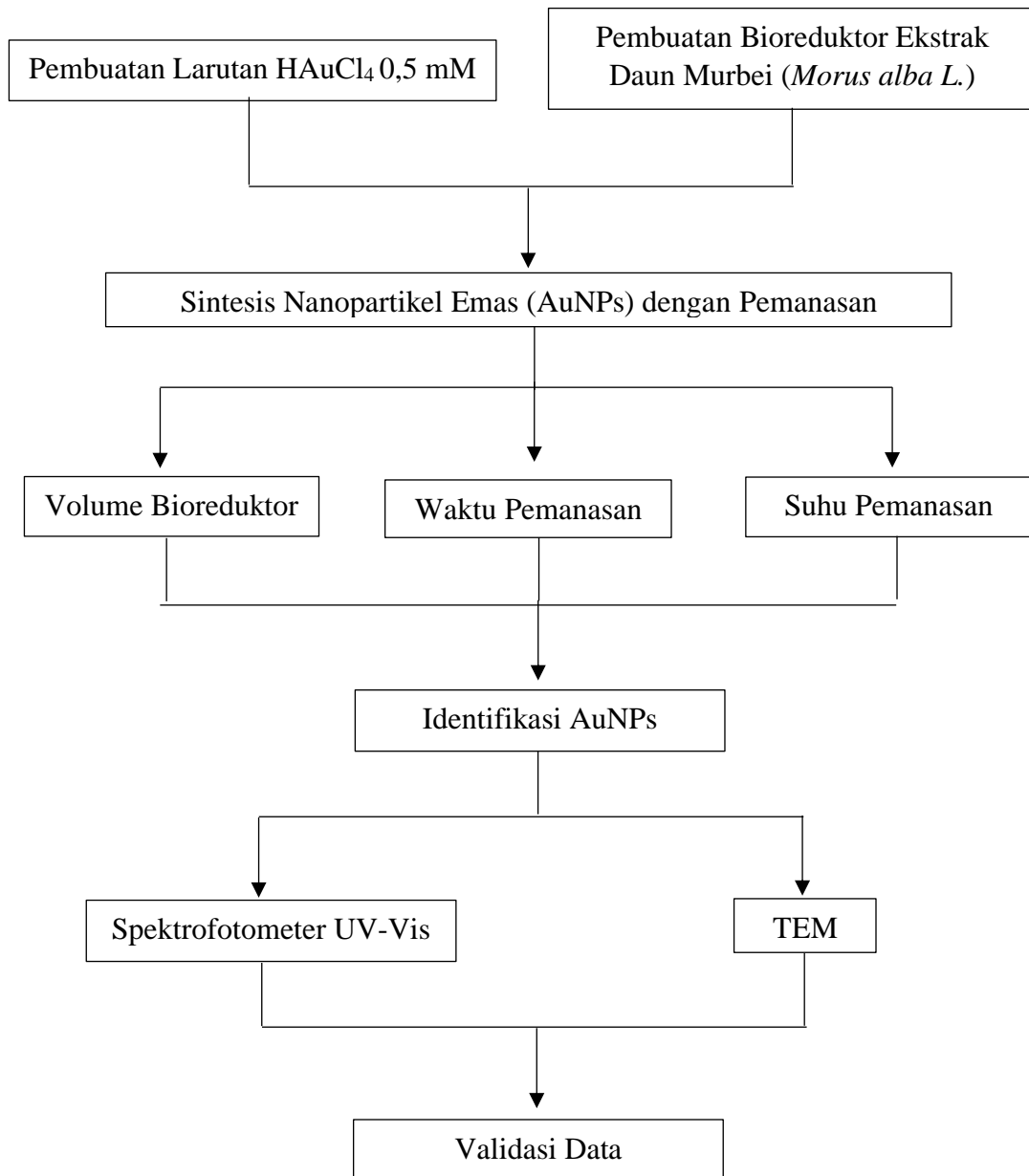
Antioxidant Activity of Sirsak Leaf (*Annona muricata* L.) Using Ultrasonic. *Media Ilmiah Teknologi Pangan*, 4(1), 35–42.

Wen, P., Hu, T. G., Linhardt, R. J., Liao, S. T., Wu, H., & Zou, Y. X. (2019). Mulberry: A review of bioactive compounds and advanced processing technology. *Trends in Food Science & Technology*, 83, 138–158. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2018.11.017>

Zuhrotun, A., Oktaviani, D. J., & Hasanah, A. N. (2023). Biosynthesis of Gold and Silver Nanoparticles Using Phytochemical Compounds. In *Molecules (Basel, Switzerland)* (Vol. 28, Issue 7). NLM (Medline). <https://doi.org/10.3390/molecules28073240>

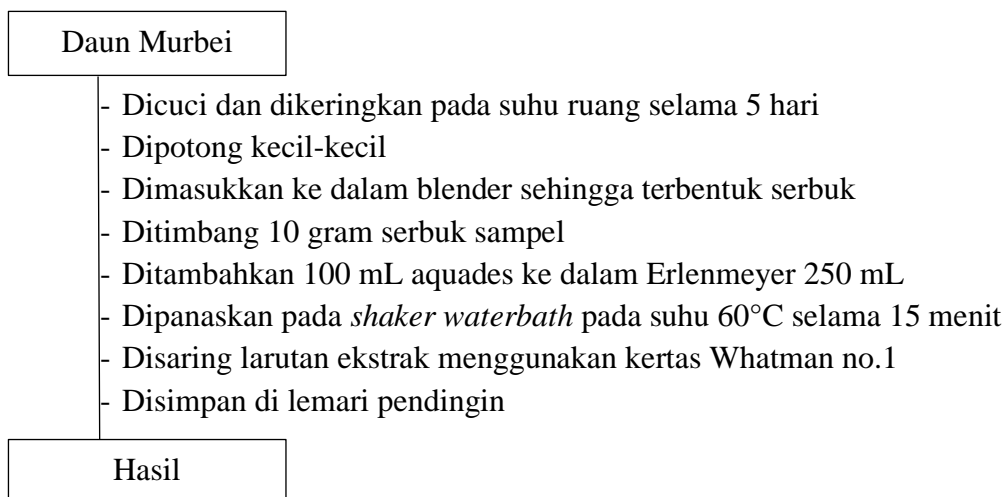
LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian

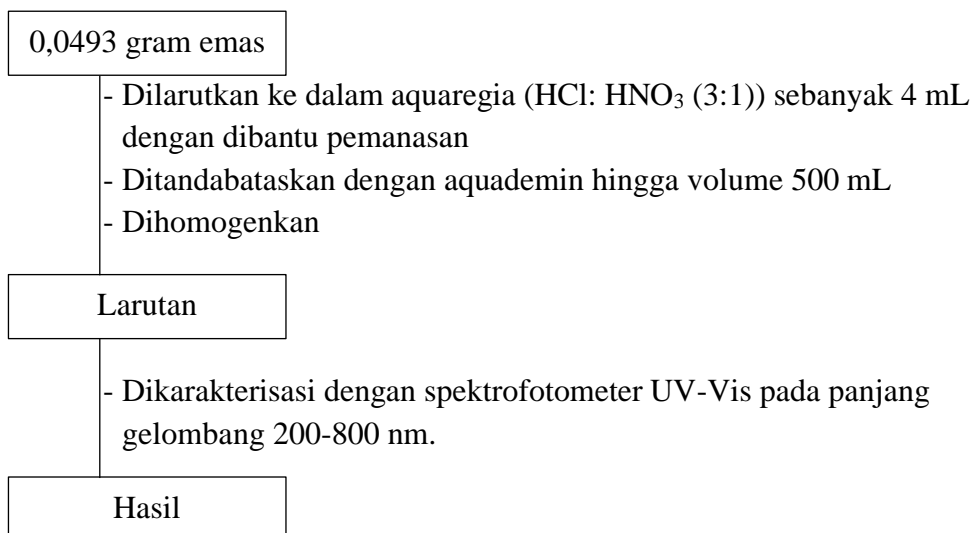


Lampiran 2. Diagram Alir

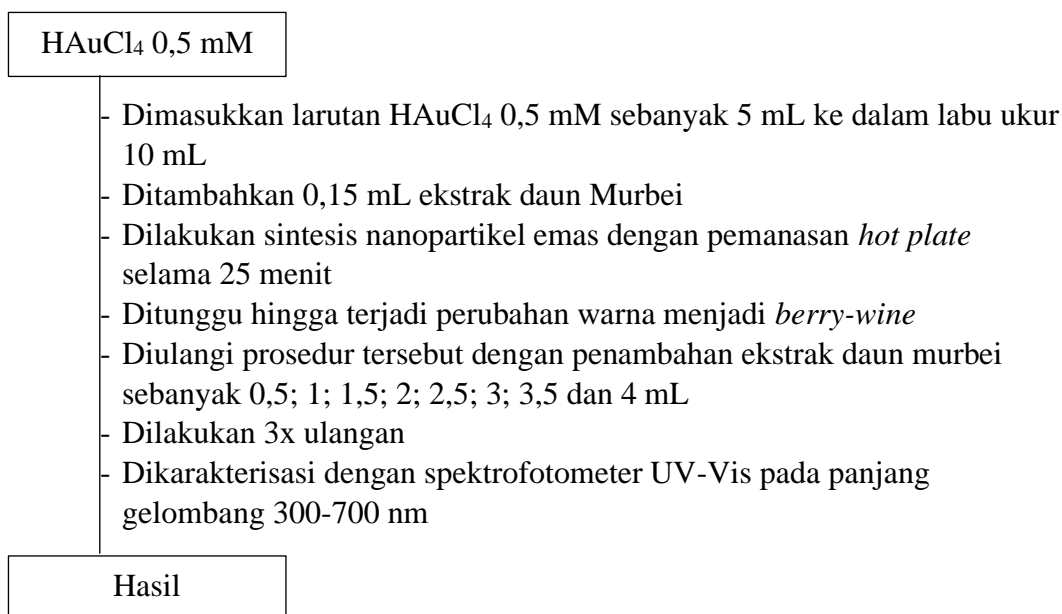
2.1 Pemilihan dan Preparasi Sampel Bioreduktor Ekstrak Daun Murbei



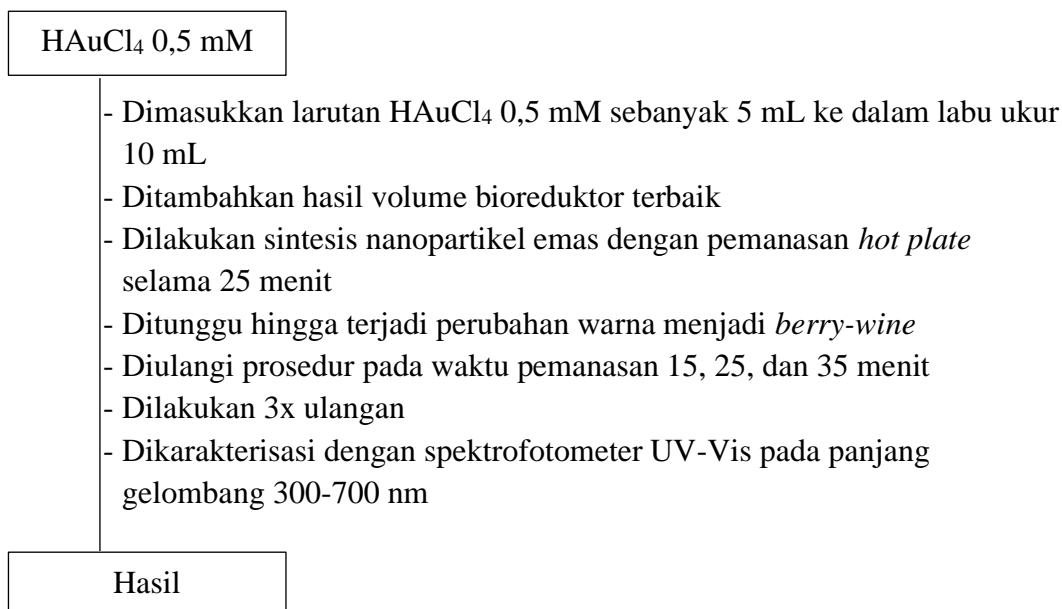
2.2 Pembuatan dan Penentuan λ_{\max} Larutan HAuCl_4 0,5 mM



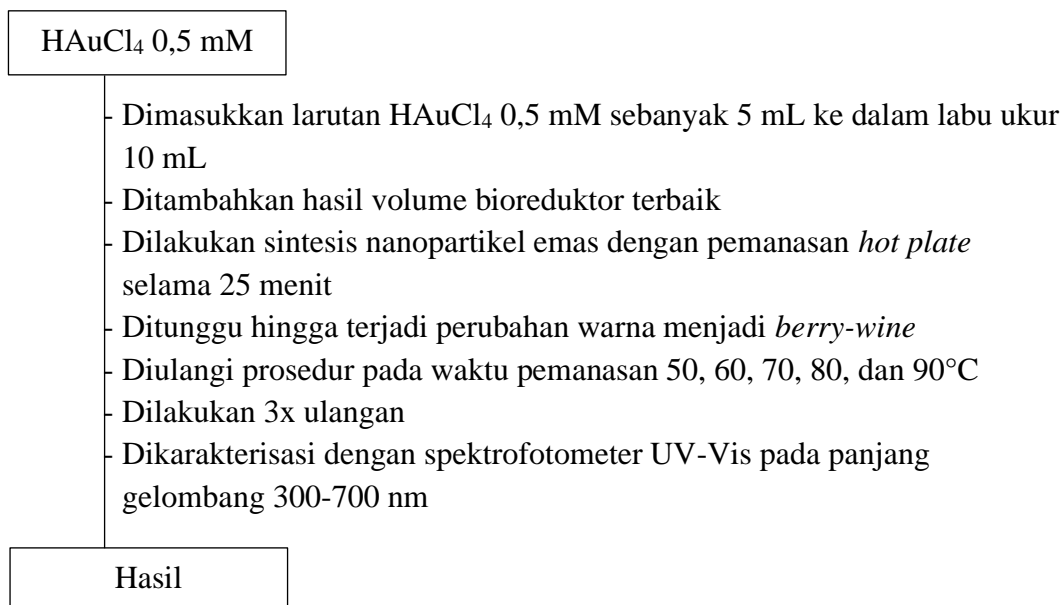
2.3 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Volume Bioreduktor Menggunakan Iradiasi *Microwave*



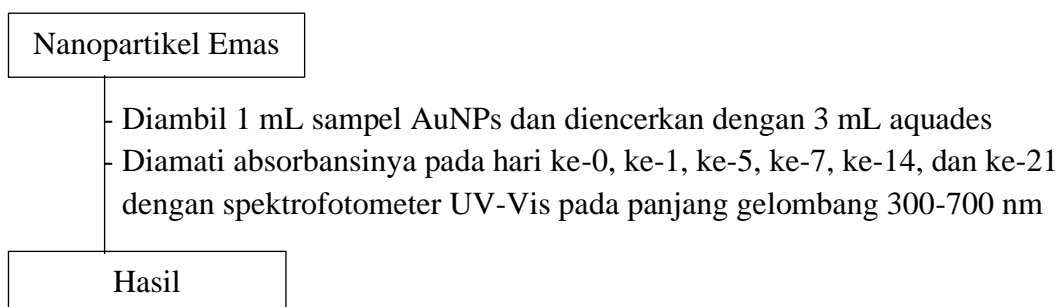
2.4 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Waktu Pemanasan



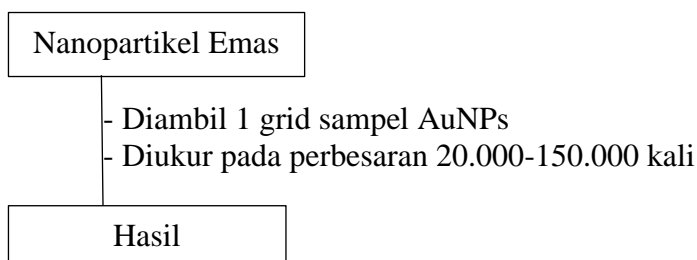
2.5 Sintesis Nanopartikel Emas dengan Variasi Suhu Pemanasan



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



2.7 Karakterisasi Nanopartikel Emas dengan TEM



Lampiran 3. Perhitungan Massa Au

- ❖ Mencari massa HAuCl_4

$$\text{Mr HAuCl}_4 = 339,96 \text{ g/mol}$$

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

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

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

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

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

- ❖ Mencari massa Au dalam larutan HAuCl_4

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

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

Lampiran 4. Data Perhitungan Variasi

1. Variasi Volume Bioreduktor

Volume (mL)	Ulangan						Rata- Rata Abs.
	Panjang Gelombang			Absorbansi			
	1	2	3	1	2	3	
0.5	311	310	311	0.605	0.602	0.607	0,605
1	236	234.9	234	0.820	0.822	0.816	0,819
1.5	577.9	575	580	1.018	1.034	1.059	1.037
2	567	564.1	570	1.308	1.155	1.219	1.314
2.5	562	567.1	560	1.334	1.261	1.222	1.329
3	559	560	559	1.343	1.365	1.355	1.354
3.5	556	559	557.9	1.357	1.353	1.370	1.360
4	551.9	543	554.9	1.36	1.376	1.363	1.366

2. Variasi Waktu Pemanasan

Waktu (menit)	Ulangan						Rata- Rata Abs.
	Panjang Gelombang			Absorbansi			
	1	2	3	1	2	3	
15	560	560	560	1.269	1.272	1.278	1.273
25	559	562	559	1.343	1.365	1.355	1.354
35	554	559	560	1.362	1.334	1.278	1.325

3. Variasi Suhu Pemanasan

Suhu (°C)	Ulangan						Rata- Rata Abs.
	Panjang Gelombang			Absorbansi			
	1	2	3	1	2	3	
50	562.9	562.9	562	0.880	0.888	0.895	0.888
60	561	559.9	559	1.262	1.228	1.179	1.223
70	559	562	559	1.343	1.365	1.355	1.354
80	564.9	561	563	1.286	1.317	1.268	1.290
90	561	561.9	561	1.292	1.296	1.286	1.291

4. Waktu Kestabilan

Hari ke-	Ulangan						Rata- Rata Abs.
	Panjang Gelombang			Absorbansi			
	1	2	3	1	2	3	
0	556.1	553.1	552	1.244	1.277	1.277	1.266
1	559	555	558.1	1.226	1.237	1.23	1.231
7	553	552.1	556	1.164	1.161	1.214	1.180
14	554	554	555.1	1.172	1.150	1.121	1.148
21	552.9	554	554	1.327	1.159	1.170	1.219

Lampiran 5. Hasil SPSS *One Way ANOVA*

1. Volume Bioreduktor

Descriptives

Absorbansi

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0.5 mL	3	.8347	.07259	.04191	.6543	1.0150	.77	.91
1.0 mL	3	3.5043	.17525	.10118	3.0690	3.9397	3.39	3.71
1.5 mL	3	1.0370	.02066	.01193	.9857	1.0883	1.02	1.06
2 mL	3	1.1650	.01249	.00721	1.1340	1.1960	1.16	1.18
2.5 mL	3	1.2323	.02055	.01186	1.1813	1.2834	1.22	1.26
3 mL	3	1.3543	.01102	.00636	1.3270	1.3817	1.34	1.37
3.5 mL	3	1.3600	.00889	.00513	1.3379	1.3821	1.35	1.37
4 mL	3	1.3663	.00850	.00491	1.3452	1.3875	1.36	1.38
Total	24	1.4852	.80147	.16360	1.1467	1.8236	.77	3.71

Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Absorbansi	Based on Mean	1.298	5	12	.328
	Based on Median	.299	5	12	.904
	Based on Median and with adjusted df	.299	5	6.505	.898
	Based on trimmed mean	1.188	5	12	.371

ANOVA

Absorbansi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.268	5	.054	251.796	.000
Within Groups	.003	12	.000		
Total	.271	17			

Absorbansi						
Subset for alpha = 0.05						
	Volume	N	1	2	3	4
Tukey HSD ^a	1.5 mL	3	1.0370			
	2 mL	3		1.1650		
	2.5 mL	3			1.2323	
	3 mL	3				1.3543
	3.5 mL	3				1.3600
	4 mL	3				1.3663
	Sig.			1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

2. Waktu Pemanasan

Descriptives

Absorbansi								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
15 menit	3	1.2730	.00458	.00265	1.2616	1.2844	1.27	1.28
25 menit	3	1.3543	.01102	.00636	1.3270	1.3817	1.34	1.37
35 menit	3	1.3247	.04277	.02469	1.2184	1.4309	1.28	1.36
Total	9	1.3173	.04199	.01400	1.2851	1.3496	1.27	1.37

Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Absorbansi	Based on Mean	4.830	2	6	.056
	Based on Median	1.925	2	6	.226
	Based on Median and with adjusted df	1.925	2	2.258	.325
	Based on trimmed mean	4.586	2	6	.062

ANOVA

Absorbansi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.010	2	.005	7.733	.022
Within Groups	.004	6	.001		
Total	.014	8			

Absorbansi

		Subset for alpha = 0.05		
	Waktu	N	1	2
Tukey B ^a	15 menit	3	1.2730	
	35 menit	3	1.3247	1.3247
	25 menit	3		1.3543

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

3. Suhu Pemanasan

Descriptives

Absorbansi

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Suhu 50	3	.8877	.00751	.00433	.8690	.9063	.88	.90
Suhu 60	3	1.2230	.04173	.02409	1.1193	1.3267	1.18	1.26
Suhu 70	3	1.3543	.01102	.00636	1.3270	1.3817	1.34	1.37
Suhu 80	3	1.2903	.02479	.01431	1.2288	1.3519	1.27	1.32
Suhu 90	3	1.2913	.00503	.00291	1.2788	1.3038	1.29	1.30
Total	15	1.2093	.17300	.04467	1.1135	1.3051	.88	1.37

Test of Homogeneity of Variances

		Levene			
		Statistic	df1	df2	Sig.
Absorbansi	Based on Mean	2.713	4	10	.091
	Based on Median	1.632	4	10	.241
	Based on Median and with adjusted df	1.632	4	3.876	.327
	Based on trimmed mean	2.640	4	10	.097

ANOVA

Absorbansi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.414	4	.103	202.231	.000
Within Groups	.005	10	.001		
Total	.419	14			

Absorbansi

		Subset for alpha = 0.05				
	Suhu	N	1	2	3	4
Tukey HSD ^a	Suhu 50	3	.8877			
	Suhu 60	3		1.2230		
	Suhu 80	3			1.2903	
	Suhu 90	3			1.2913	
	Suhu 70	3				1.3543
	Sig.			1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

4. Waktu Kestabilan

Descriptives

Absorbansi

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Hari ke-0	3	1.2660	.01905	.01100	1.2187	1.3133	1.24	1.28
Hari ke-1	3	1.2310	.00557	.00321	1.2172	1.2448	1.23	1.24
Hari ke-7	3	1.1797	.02977	.01719	1.1057	1.2536	1.16	1.21
Hari ke-14	3	1.1477	.02558	.01477	1.0841	1.2112	1.12	1.17
Hari ke-21	3	1.2187	.09398	.05426	.9852	1.4521	1.16	1.33
Total	15	1.2086	.05787	.01494	1.1766	1.2406	1.12	1.33

Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Absorbansi	Based on Mean	7.930	4	10	.004
	Based on Median	.683	4	10	.620
	Based on Median and with adjusted df	.683	4	2.752	.653
	Based on trimmed mean	6.555	4	10	.007

ANOVA

Absorbansi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.025	4	.006	2.942	.076
Within Groups	.022	10	.002		
Total	.047	14			

Absorbansi

Tukey HSD^a

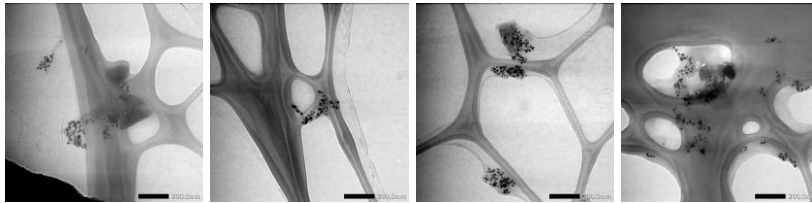
Hari	N	Subset for alpha = 0.05 1
Hari ke-14	3	1.1477
Hari ke-7	3	1.1797
Hari ke-21	3	1.2187
Hari ke-1	3	1.2310
Hari ke-0	3	1.2660
Sig.		.065

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

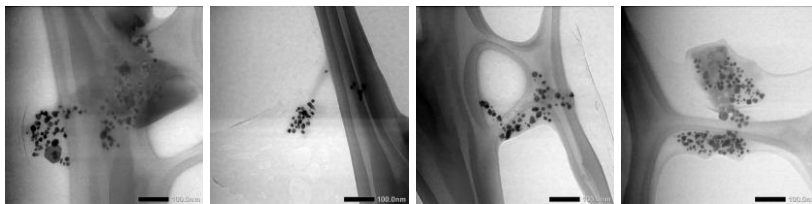
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Lampiran 6. Gambar Analisa TEM

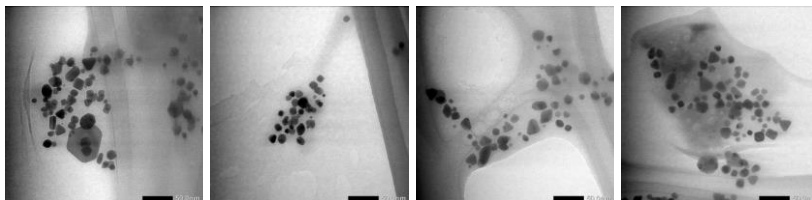
1. Perbesaran 20000



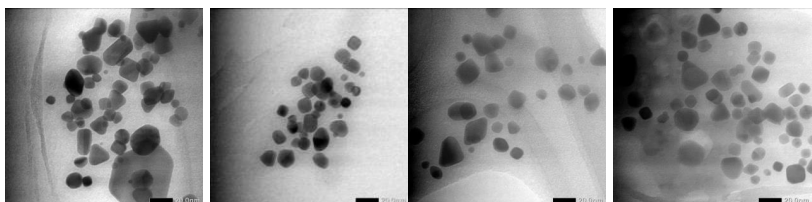
2. Perbesaran 40000



3. Perbesaran 80000

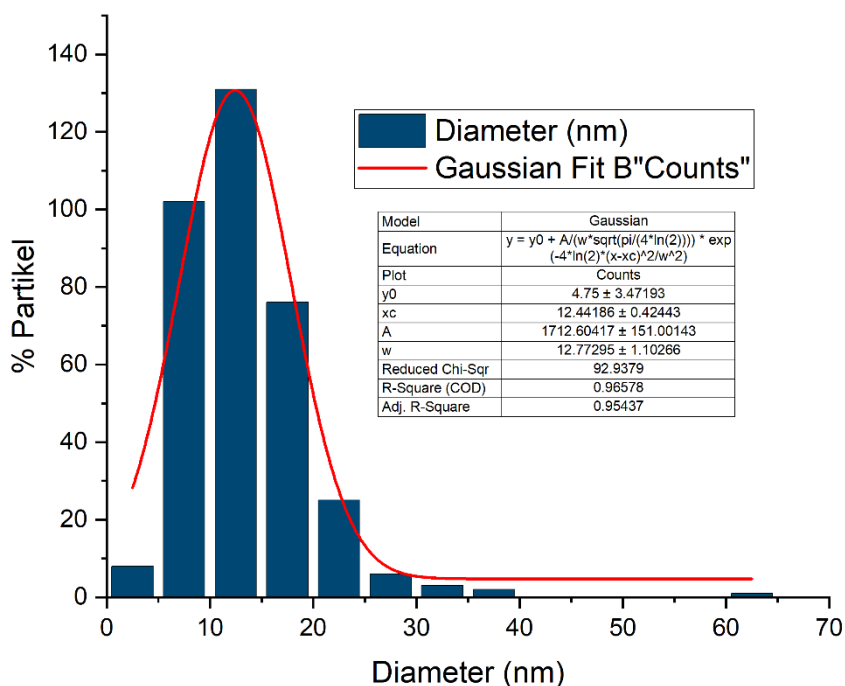


4. Perbesaran 150000



Lampiran 7. Hasil Origin analisa TEM pada Skala 50 nm

1. Grafik Gaussian



2. Data ImageJ

No	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length
1	3.104	81.981	69	134	-36.87	9.494
2	4.406	121.977	103.102	138	-132.184	13.666
3	4.106	103.105	69	148	-119.745	12.757
4	5.508	87.808	64.556	165	-97.386	17.232
5	6.209	99.882	72.891	177	-105.173	19.345
6	5.408	48.403	34.023	72	-24.624	16.709
7	5.708	41.086	22.429	83	-30.256	17.585
8	19.929	85.231	37.707	158	22.553	62.707
9	8.212	49.614	32.878	126	-9.23	25.649
10	1.702	63.261	50.625	73	3.576	5.073
11	1.803	80.179	69.505	96	25.017	5.238
12	4.406	69.835	49.907	124	5.315	13.666
13	4.607	76.395	41.765	141	-16.821	14.216
14	3.805	110.041	94.586	139.667	-13.536	11.718
15	4.206	83.468	66.184	99.484	107.691	12.844
16	2.504	95.25	78.417	141.583	-8.017	7.563
17	4.907	82.287	58.729	127.611	40.471	15.114
18	3.805	104.03	82.222	134.5	23.54	11.621
19	4.206	87.662	65.698	146.25	-35.375	12.937
20	6.209	96.419	73.057	158.833	16.549	19.258

21	4.106	94.856	76.792	140.833	15.55	12.592
22	5.207	12.826	0	124	10.204	16.077
23	2.904	82.754	55.551	112	-112.932	8.934
24	5.408	72.15	57.368	122	39.668	16.856
25	3.605	74.531	49.571	120	-11.634	10.985
26	7.311	67.307	38	137	-92.386	22.805
27	5.007	19.087	0	95	-2.337	15.519
28	3.104	67.516	38.6	119	-27.408	9.625
29	3.405	64.594	35.085	94.025	100.62	10.303
30	4.006	79.043	60.751	120	-32.471	12.378
31	5.408	65.054	43.438	107.112	-66.801	16.87
32	3.906	68.533	49.211	120	-83.991	12.092
33	3.004	65.715	51.025	97.059	-24.775	9.062
34	1.903	53.111	41.5	84	-33.69	5.705
35	2.504	68.453	40.75	108	-4.764	7.621
36	3.505	51.031	32.228	72	-17.354	10.61
37	6.009	52.67	27.173	110	-15.68	18.735
38	3.305	66.207	42.055	114	-56.31	10.269
39	2.704	39.068	25.538	69	6.582	8.282
40	2.804	21.885	2.903	77	-31.329	8.521
41	7.611	17.367	0	117	-76.149	23.793
42	3.605	77.251	62.664	112	-50.826	11.022
43	2.604	35.043	15.76	106	-4.574	7.937
44	1.202	111.803	98.529	139	-37.875	3.608
45	7.311	47.469	11	123	-21.949	22.859
46	2.403	70.791	56.442	110	-15.255	7.216
47	7.11	71.967	50.376	163	30.964	22.143
48	2.704	81.842	48.041	128	-37.304	8.355
49	4.707	80.904	47.201	148	38.853	14.629
50	5.107	65.068	33.81	131	46.637	15.67
51	9.213	66.458	42.165	116.766	42.316	28.674
52	6.71	73.824	49.242	146	15.709	21.039
53	5.007	83.058	49.163	177	-75.964	15.657
54	3.305	89.601	69.656	138	-33.69	10.269
55	2.804	97.505	71.222	150	-41.987	8.515
56	6.71	45.413	24.948	102	-20.353	20.927
57	1.702	105.792	95.844	127	-18.435	5.004
58	4.306	91.693	70	132	-4.086	13.325
59	6.81	49.656	26.059	140	-25.796	21.089
60	1.702	105.606	89.188	126	-42.51	5.152
61	4.306	91.838	69.333	137	-5.44	13.351
62	3.004	77.974	62.369	118	-60.751	9.067
63	6.209	63.978	42.542	121.854	-72.759	19.218
64	5.107	69.028	45.106	95.667	-69.044	15.927
65	5.909	102.031	73.379	146	-175.073	18.423
66	4.807	91.899	70.697	131	-28.217	14.725

67	2.203	111.792	93.857	140	-8.13	6.713
68	3.104	100.914	87.547	115	-43.668	9.625
69	4.406	84.255	71.251	96.384	-54.462	13.611
70	6.009	75.786	52.964	94	-141.189	18.682
71	2.303	89.023	77.95	113	24.228	6.94
72	3.405	78.042	64.507	103.747	-14.036	10.438
73	5.007	81.053	70.772	93.342	-10.62	15.455
74	3.205	88.021	73.118	100	-54.246	9.749
75	5.408	78.033	56	111	-87.839	16.784
76	2.504	107.707	92.167	129	-87.614	7.602
77	5.508	83.008	58.889	123.889	6.34	17.194
78	3.405	73.696	52.685	110	-102.339	10.366
79	6.81	76.161	62.149	102.009	-82.235	21.079
80	8.713	64.053	44.047	130	8.036	27.165
81	5.107	63.964	49	95	-143.13	15.823
82	4.506	68.688	51.955	96	6.483	14.014
83	2.804	101.93	89.37	122.649	-111.801	8.521
84	4.406	86.4	73.852	106	-30.735	13.622
85	5.408	87.968	68.867	120	-33.389	16.676
86	2.804	76.136	62.333	96	-41.987	8.515
87	5.071	58.062	23.721	137	-32.381	15.461
88	5.071	53.498	30.032	118	-64.486	15.527
89	4.158	30.24	0	125	-8.531	12.881
90	1.826	108.331	90.221	153	-20.556	5.442
91	5.477	76.767	56.574	150	-30.411	16.987
92	1.521	66.267	45	97	-90	4.459
93	6.694	27.575	4.462	94	-101.482	20.798
94	3.854	74.953	61.69	132	17.447	11.684
95	2.84	25.021	0	113	12.995	8.498
96	2.434	26.12	6.522	85	-4.97	7.352
97	4.361	39.772	6.571	143	-34.439	13.515
98	4.158	48.171	22.75	106	97.125	12.838
99	2.738	73.603	48.521	149	-27.553	8.262
100	3.144	63.213	33.278	106	41.009	9.707
101	4.97	65.586	49.403	103	-52.651	15.223
102	3.448	42.032	14.444	128	-74.291	10.586
103	2.536	88.768	76.24	115	-67.751	7.57
104	4.361	59.974	42.439	120	-40.156	13.334
105	3.347	36.212	10.953	120	-36.158	10.256
106	3.144	75.129	55.2	124	-82.405	9.639
107	1.826	27.935	21.076	33	-28.072	5.414
108	4.158	46.515	16.5	95	8.531	12.881
109	2.028	31.795	11.598	59	-25.201	5.984
110	6.085	10.349	0	113	95.807	18.887
111	4.057	72.89	58.231	111	-64.093	12.392
112	3.144	103.958	89.2	134	-29.982	9.559

113	3.246	46.203	9.161	152	-9.162	10
114	4.26	94.625	66.22	141	-98.326	13.196
115	2.738	38.149	21.089	91	-40.365	8.359
116	3.043	77.214	53.034	130	-93.945	9.258
117	1.927	122.354	109.222	140	-86.82	5.741
118	1.623	78.5	55.04	139	-36.87	4.777
119	4.868	100.036	72.532	166	2.437	14.982
120	4.666	92.87	76	150	0	14.331
121	4.158	107.088	78.875	169	7.125	12.838
122	3.448	121.872	104.636	139.758	1.736	10.514
123	3.651	11.725	0	43	-79.992	10.995
124	4.463	44.857	26.887	87	-10.784	13.616
125	6.032	2.906	0	22.64	-32.106	18.933
126	6.625	21.005	0	80	-92.603	20.776
127	6.23	15.432	0	88	-5.528	19.588
128	2.571	72.596	54.558	113	-61.39	7.88
129	7.416	42.174	23.284	109	-84.596	23.374
130	2.769	71.834	59.889	105	-70.201	8.355
131	4.648	48.606	33.786	91	-26.003	14.345
132	1.978	106.05	95	122	0	5.975
133	6.032	68.531	44.2	110	-91.909	18.878
134	2.868	93.317	74.612	129	-67.068	8.878
135	3.263	93.628	79.348	119	-106.189	10.151
136	2.67	99.293	93.041	118	-103.496	8.085
137	5.933	80.193	64.22	138	-40.179	18.521
138	1.681	101.015	85.445	132	-37.569	5.158
139	4.746	82.158	51.362	158	-48.468	14.702
140	9.592	51.105	38.847	74	-108.812	30.231
141	6.625	88.136	67.791	126	13.191	20.671
142	4.252	84.179	69	129	55.561	13.345
143	5.834	77.881	59	140	-9.951	18.198
144	5.834	71.717	49.138	139	-5.906	18.336
145	2.077	132.833	119.85	149.75	8.531	6.36
146	2.274	116.937	106.182	130.273	-95.194	6.947
147	4.351	100.88	80.574	144	-59.265	13.536
148	2.175	122.948	104	146.143	-43.025	6.452
149	5.043	122.361	112.738	146	-70.115	15.717
150	2.472	119.6	99	155	0	7.547
151	4.648	130.126	114.565	175	3.731	14.496
152	2.274	145.089	127.727	176	-30.069	6.904
153	4.252	109.944	89	161	-47.911	13.136
154	7.219	110.442	89.042	161	-50.092	22.547
155	1.78	151.918	143.1	177	-20.556	5.373
156	8.998	107.089	84.029	148	54.019	28.368
157	6.724	106.875	80.254	176	3.417	21.106
158	4.746	94.969	79.01	136	-116.565	14.766

159	4.351	118.759	102.085	154	-16.314	13.434
160	3.362	143.959	133.603	175	-75.964	10.372
161	4.845	97.108	80.312	165	-38.29	15.225
162	3.856	104.39	88.474	154	6.009	12.015
163	3.461	124.911	115.82	145	-42.614	10.682
164	5.142	115.446	99.373	149.373	4.485	16.087
165	3.065	126.864	112.333	150	-27.408	9.564
166	7.219	126.223	105.255	157.316	-101.155	22.757
167	3.065	139.165	116.818	169	-21.448	9.46
168	2.967	141.521	129.99	164	-102.095	9.005
169	6.922	113.041	95.986	157	-33.232	21.805
170	5.735	111.05	95.705	136	-39.289	17.877
171	2.769	134.722	125.937	156	53.973	8.554
172	4.351	106.217	87.516	153	-77.905	13.507
173	4.252	104.719	82.816	135	-71.996	13.226
174	4.549	109.754	92.818	150	-14.036	14.262
175	3.56	97.511	79.718	125	-75.174	11.06
176	2.274	138.073	129.174	156	-35.838	6.982
177	1.681	148.419	142.75	158	-7.125	5.071
178	6.625	111.212	95.959	154	-14.036	20.745
179	7.12	107.9	83.261	149	-50.711	22.347
180	3.461	115.896	105.612	141	-58.173	10.733
181	2.175	125.593	116.413	146	-41.186	6.685
182	5.043	98.402	85.342	137	-13.761	15.864
183	3.263	112.557	100.977	132	-25.769	10.126
184	5.439	104.895	86.444	142	-109.44	17.007
185	3.164	128.101	110.4	157	-24.905	9.708
186	5.241	115.266	97.136	148.175	11.094	16.343
187	5.578	93.162	71.593	116	-31.329	17.15
188	3.651	122.561	112.576	147	-33.232	11.041
189	5.071	106.862	87.765	147.999	-63.435	15.667
190	4.97	128.161	117.203	147	-20.695	15.32
191	4.767	121.304	97.187	153	16.46	14.612
192	5.781	105.8	80.643	171	2.045	17.846
193	3.651	106.297	90.306	139	-68.499	11.296
194	5.375	95.11	67.041	170	-18.083	16.416
195	11.157	108.304	89.349	175	-19.759	34.855
196	11.461	119.272	97.801	162	-44.275	35.583
197	5.375	98.382	68.781	167	-11.094	16.551
198	4.97	122.615	105.414	155	28.706	15.25
199	2.231	148.067	135.048	165	-79.216	6.808
200	4.463	126.487	110.882	171	-161.147	13.798
201	6.491	111.167	85.821	153	-65.48	19.952
202	6.187	111.915	96	176	-36.87	19.108
203	5.984	87.713	70.429	155	-34.509	18.551
204	2.738	138.886	115.586	163	-57.529	8.305

205	3.043	137.452	113.683	186.577	-17.819	9.367
206	2.434	130.445	108.726	172	-55.62	7.332
207	3.043	126.549	96.414	174	-7.853	9.323
208	3.246	142.408	125.19	171	-19.026	9.769
209	3.144	90.911	70	164	-70.346	9.469
210	2.333	143.469	126.942	176	-33.69	6.89
211	2.637	137.574	120.6	167	-23.499	7.987
212	4.26	120.237	103.122	156	5.572	13.119
213	6.187	94.795	72.05	137	-28.686	19.241
214	3.854	114.064	100.262	135.459	-53.746	11.848
215	4.361	117.511	76.796	169	35.218	13.254
216	4.97	97.536	78.77	167	-46.685	15.32
217	4.463	98.402	66.558	143	5.315	13.753
218	4.767	132.408	113.348	170	3.731	14.681
219	3.347	148.844	135.5	180	-51.34	10.196
220	4.057	136.254	123.373	156.642	-11.889	12.367
221	3.854	97	75.863	131.503	-101.004	11.68
222	6.085	85.274	59.808	149	-74.32	18.854
223	4.767	73.553	54	101	-90	14.65
224	6.998	92.095	72.145	137	170.676	21.623
225	2.434	128.429	111.565	150	-170.134	7.435
226	4.26	117.504	76.952	169	37.999	12.932
227	3.753	113.796	93	139.924	-24.444	11.544
228	3.448	97.471	83.667	128	-40.03	10.398
229	5.071	70.33	48.659	119	-26.565	15.667
230	4.26	63.316	45.707	119.634	-5.572	13.119
231	4.057	78.456	63.923	111	-27.216	12.534
232	7.303	109.287	90.406	149	-46.701	22.755
233	5.071	123.529	102	155.169	-67.109	15.556
234	4.158	126.981	98.96	166	-73.856	12.599
235	4.158	113.321	94.6	159.55	8.531	12.881
236	3.854	112.905	93.765	151	-27.255	11.822
237	6.39	81.695	60.23	130	-20.772	19.755
238	4.26	78.431	52.575	139	-78.69	12.991
239	3.854	69.22	48.897	127	-15.524	11.899
240	6.187	64.747	48	100	-71.565	19.135
241	5.781	57.539	38.781	100	-52.927	17.962
242	4.26	85.531	71.488	115	-6.953	13.154
243	3.144	54.287	39.14	90	-23.962	9.41
244	7.911	69.022	58.36	88	-59.421	24.415
245	3.246	81.537	71.032	98	-3.691	9.893
246	3.956	72.494	54.039	117	-12.2	12.056
247	7.1	65.205	45.079	121	-30.677	21.847
248	3.55	88.757	78.775	115.49	15.255	10.893
249	3.854	47.206	34.949	78	-18.925	11.783
250	4.564	73.568	47.004	126	-25.408	14.103

251	4.97	62.931	42.062	94	-65.556	15.392
252	9.128	40.589	27.872	81	-109.654	28.407
253	3.753	40.377	24.917	81	-24.444	11.544
254	5.375	35.702	17.706	67.044	-50.477	16.515
255	5.274	38.642	21.202	74	-79.796	16.179
256	4.868	25.393	11.277	58	-91.219	14.972
257	3.246	35.355	11.923	69	-142.765	10
258	4.492	18.907	5.8	53.556	-2.545	14.076
259	3.32	50.721	36.01	76	-19.537	10.279
260	1.465	82.62	70.102	94	-45	4.419
261	2.832	73.104	65.49	89	-46.469	8.621
262	3.027	67.066	54.6	85	-21.448	9.401
263	4.98	47.388	33.432	71	-33.69	15.774
264	3.613	55.962	46	71.778	-70.56	11.267
265	7.031	44.516	33.906	65.121	45	22.097
266	3.613	51.211	40.593	62	-33.69	11.267
267	4.199	59.243	42.143	86	-85.914	13.158
268	2.148	70.042	58.673	83.129	-27.759	6.71
269	2.93	69.625	60.184	83	-33.69	9.014
270	5.957	53.305	43.952	78	-10.561	18.755
271	3.906	80.558	62.258	112	37.747	12.251
272	4.59	51.193	40	74.783	-44.119	14.365
273	4.688	66.669	50.945	98.863	-54.605	14.567
274	2.93	73.167	57	91	-90	9.062
275	1.562	104.394	98.778	115.031	-28.301	4.614
276	3.906	91.86	77.231	123	-32.471	12.224
277	3.809	123.489	101.368	156	-8.973	12.022
278	3.223	89.371	73	123	-93.576	10.02
279	3.711	123.124	106.614	159	-32.829	11.529
280	5.566	87.886	72.375	128	-97.125	17.636
281	3.125	76.932	60.097	103.387	-97.352	9.768
282	3.809	95.734	87.562	109	-111.801	11.78
283	2.734	79.349	71.444	92	-26.565	8.385
284	1.953	112.139	100.368	123.789	-81.027	6.011
285	8.984	45.185	36.714	60.26	-103.276	28.576
286	5.469	47.612	38.2	70	-39.144	17.326
287	3.32	74.971	63.702	91	-10.62	10.174
288	5.859	46.984	39.309	65	-97.853	18.297
289	5.859	87.78	67.307	119	-42.93	18.353
290	1.367	82.277	71.97	94	-45	3.977
291	2.539	70.839	63.022	82	-43.363	7.737
292	3.125	67.526	53.805	99	-19.026	9.586
293	3.418	55.084	48.692	62.481	-65.695	10.63
294	4.98	45.941	35.8	67.444	-44.193	15.69
295	7.031	43.498	31.666	64.513	45	22.097
296	3.418	50.55	38.474	59.502	-28.072	10.625

297	4.395	60.329	41.727	85.636	-92.603	13.764
298	2.051	71.567	64.537	80	-49.086	6.203
299	3.125	69.829	57.246	90	-35.754	9.627
300	6.055	54.077	42.787	80.205	-14.265	19.024
301	3.809	79.426	62.632	109	37.476	11.813
302	4.688	50.455	37.67	69.173	-43.264	14.591
303	4.785	67.624	52	98	-51.71	15.13
304	2.832	74.046	61.071	91	-87.955	8.756
305	4.004	92.385	77.03	127	-26.565	12.578
306	3.613	122.171	101	156	-9.462	11.405
307	4.297	20.277	7	47	-5.315	13.496
308	3.223	49.899	39.906	79	-41.186	9.966
309	4.297	60.729	38.367	104.141	-41.186	13.288
310	4.395	65.794	42.909	113	-84.806	13.807
311	1.758	97.521	90.934	110	-115.017	5.173
312	3.125	92.085	74.113	138	-47.603	9.733
313	3.223	84.57	67.844	113	-64.231	10.063
314	3.125	85.323	67.674	119	-54.246	9.627
315	3.418	91.737	77.031	121.862	-36.529	10.5
316	1.758	111.431	100.858	134	-28.072	5.312
317	1.562	115.148	104.667	136	-66.801	4.76
318	2.734	101.56	90	116	-31.329	8.414
319	3.223	67.899	54.148	113	-104.47	10.005
320	3.711	78.295	66.608	127	-59.3	11.63
321	5.566	68.197	48.286	131	3.066	17.525
322	11.719	52.994	33.124	103	-67.306	37.26
323	4.199	66.753	50.816	108	-18.004	13.144
324	3.125	78.511	53.13	115	-24.905	9.647
325	2.734	91.115	79.992	117	-38.991	8.443
326	3.32	86.807	72.107	118	-21.161	10.388
327	3.711	103.888	93.162	139	1.548	11.567
328	5.078	57.838	41.471	100	24.538	15.802
329	3.125	52.26	33.947	116	-103.134	9.627
330	2.734	93.164	76.259	124	-100.491	8.581
331	3.418	93.741	78.5	131	30.379	10.505
332	10.449	71.176	54.169	143	27.051	32.983
333	2.637	116.044	96.29	158	-15.642	8.113
334	4.297	106.097	76.717	165	37.405	13.376
335	5.078	124.71	105.309	162	-32.125	15.867
336	6.641	93.962	67.98	153	-15.479	21.077
337	1.855	147.655	134.556	173	-77.471	5.762
338	3.809	91.464	57.97	172	-16.991	11.763
339	5.176	110.958	90.183	205	-54.462	16.129
340	2.637	133.31	111.266	167	-57.529	8.149
341	4.004	118.707	102.5	155	-56.31	12.394
342	2.051	141.11	131.71	162	-32.905	6.328

343	6.25	106.044	77.667	168.048	-3.633	19.727
344	4.297	101.562	83.54	145	-111.801	13.463
345	5.078	81.931	56.882	122	-173.29	16.047
346	2.148	128.47	113.476	151	-10.784	6.68
347	2.734	85.243	70.081	122	-45	8.397
348	4.59	102.148	81.13	146	6.203	14.46
349	1.562	125.331	115.644	141	-47.726	4.646
350	4.004	116.918	106.5	149	-23.385	12.597
351	4.785	112.975	97.747	151	-39.036	14.886
352	2.539	142.57	130.736	172	-21.371	7.718
353	1.953	113.272	99.216	144	-18.435	5.929

3. %Dispersitas

Diketahui:

- Ukuran rata-rata NP (x_c) = 12.44186
- W = 12.77295

Ditanya: %Dispersitas?

Jawaban:

- $\sigma = \frac{w}{2} = \frac{12.77295}{2} = 6.386475$
- $\%Dispersitas = \frac{\sigma}{x_c} \times 100\%$
 $= \frac{6.386475}{12.44186} \times 100\%$
 $= 0.51\%$