

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN INTERNAL DOSEN
Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknik



SINTESIS AuNPs DENGAN BIOREDUKTOR DAUN KEMANGI (*Ocimum basilicum*) DAN DAUN KELOR (*Moringa oleifera*)

Tim Peneliti:

M. Bakhru Thohir, M.Sc.
Anggi Tri Nurhaliza
Arya Ananda Saputra

Dibiayai oleh:

Universitas Bojonegoro

Periode 1 Tahun Anggaran 2024/2025

Nomor Kontrak:

054 / LPPM-LIT / UB / XI / 2024

UNIVERSITAS BOJONEGORO

2025

**HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN PENDANAAN PERGURUAN TINGGI**

1. **Judul Penelitian** : **SINTESIS AuNPs DENGAN BIOREDUKTOR DAUN KEMANGI (*Ocimum basilicum*) DAN DAUN KELOR (*Moringa oleifera*)**

2. **Ketua Peneliti**
 - a. Nama Peneliti : Muhammad Bakhru Thohir, M.Sc.
 - b. NIDN : 07 230394 02
 - c. Program Studi : Kimia
 - d. E-mail : bakhru@unigoro.ac.id
 - e. Bidang Keilmuan : Kimia

3. **Anggota Peneliti 1**
 - a. Nama (Dosen/ Mahasiswa) : Anggi Tri Nurhaliza
 - b. NIDN/NIM : 22472011002
 - c. Program Studi : Kimia
 - d. E-mail : nuranggi64@gmail.com
 - e. Bidang Keilmuan : Kimia**Anggota Peneliti 2**
 - a. Nama (Dosen/ Mahasiswa) : Arya Ananda Saputra
 - b. NIDN/NIM : 22472011003
 - c. Program Studi : Kimia
 - d. E-mail : aryashinx470@gmail.com
 - e. Bidang Keilmuan : Kimia

4. Jangka Waktu Penelitian : 6 Bulan

6. Lokasi Penelitian : Laboratorium Riset Prodi Kimia Universitas Bojonegoro

7. Dana Diusulkan : 3.500.000,-

Bojonegoro, 26 Februari 2025

Mengetahui,
Ketua LPPM Universitas Bojonegoro

Pengusul,

Dr. Laily Agustina Rahmawati, S.Si., M.Sc.
NIDN 07 2108 8601

M. Bakhru Thohir, M.Sc.
NIDN 07 2303 9402

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal penelitian yang berjudul “**Sintesis AuNPs Dengan Bioreduktor Daun Kemangi (*Ocimum basilicum*) Dan Daun Kelor (*Moringa oleifera*)**”.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu sumbangsi bagi Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Bojonegoro. Atas tersusunnya proposal ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Bojonegoro Dr. Tri Astuti Handayani, SH., MM., M.Hum.
2. Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Bojonegoro Dr. Laily Agustina Rahmawati, S.Si., M.Sc.
3. Dekan Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro Ir. H. Zainuddin, M.T.
4. Seluruh civitas akademika prodi kimia unigoro yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian proposal penelitian ini.

Akhir kata, semoga usulan penelitian ini dapat bermanfaat dan menambah khasanah ilmu pengetahuan.

Bojonegoro, 1 November 2024

M. Bakhru Thohir, S.Si., M.Sc.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
ABSTRAK	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Landasan Teori	3
2.1.1 Karakteristik Umum Nanopartikel Emas (AuNPs)	3
2.1.2 Sintesis Nanopartikel Emas (AuNPs)	4
2.1.3 Kemangi dan Kelor Sebagai Bioreduktor AuNPs	5
2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.3 Kerangka Konsep Penelitian	12
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian	13
3.2 Lokasi Penelitian	13
3.3 Populasi, Sampel, dan Teknik Pengambilan Sampel	13
3.4 Jenis Data dan Teknik Pengumpulan Data	13
3.4.1 Bahan dan Alat	13
3.4.2 Prosedur Penelitian	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Sintesis Nanopartikel Emas (AuNPs) dengan Daun Kemangi	16
4.2 Sintesis Nanopartikel Emas (AuNPs) dengan Daun Kelor	20
BAB V PENUTUP	24
5.1 Kesimpulan	24
5.2 Saran	24
DAFTAR PUSTAKA	25

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	6
--------------------------------------	---

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Sintesis AuNPs dalam berbagai variasi pH (a) Spektra UV-Vis AuNPs (b) Koloid AuNPs	16
Gambar 4.2. Sintesis AuNPs dalam berbagai variasi rasio (a) Spektra UV-Vis AuNPs (b) Koloid AuNPs	17
Gambar 4.3. Spektra FTIR (a) ekstrak daun kemangi 0,075% (b) AuNPs dengan bioreduktor ekstrak daun kemangi 0,075%	18
Gambar 4.4. (a) Spektra PSA AuNPs (b) Hasil sintesis optimum AuNPs	19
Gambar 4.5. Hasil sintesis AuNPs beragam variasi	20
Gambar 4.6 Spektra UV-Visibel beragam variasi AuNPs yang disintesis dengan daun kelor (A) variasi pH (B) variasi rasio	21
Gambar 4.7. Spektra FTIR Hasil sintesis AuNPs yang disintesis dengan ekstrak kelor	22
Gambar 4.8. Hasil Pengukuran PSA AuNPs yang Disintesis dengan Kelor	23

ABSTRAK

Green synthesis nanopartikel emas (AuNPs) dilakukan dengan menggunakan bioreduktor daun kelor (*Moringa Oleifera*) dan daun kemangi (*Ocimum basilicum*). Tahapan dalam penelitian ini meliputi: ekstraksi, membuat larutan prekursor H₂AuCl₄, sintesis, dan karakterisasi. Ekstaksi daun kelor dan kemangi dilakukan dengan merebus serbuk daun kelor dan kemangi kedalam akuades dalam suhu panas sampai ekstrak keluar ditandai perubahan warna larutan. Larutan prekursor H₂AuCl₄ 0,3 mM dibuat dengan cara emas murni direndam dengan larutan aqua regia. Tahap sintesis memperhatikan beberapa variasi antara lain pH dan komposisi prekursor dan zat pereduksi. Adapun karakterisasi nanopartikel ini menggunakan instrument UV-Vis, FTIR, dan *Particle Size Analyser* (PSA). Hasil analisis sampel nanopartikel pH 6 perbandingan 15:5 menunjukkan Panjang gelombang maksimumnya adalah 540 nm dan 535 nm yang menandakan kondisi optimum untuk sintesis AuNPs. Karakteristik FTIR memvalidasi adanya senyawa biomolekul ekstrak daun kelor tersebut berinteraksi dengan ion emas. Hasil dari uji PSA menunjukkan bahwa ukuran AuNPs yang dihasilkan adalah 95,4 nm. Uji PSA sesuai yang diharapkan dari ukuran nanopartikel. Sementara untuk kemangi Variasi pH dan rasio larutan prekursor H₂AuCl₄ terhadap ekstrak kemangi dioptimalkan untuk menghasilkan AuNPs dengan karakteristik terbaik. Karakterisasi UV-Vis menunjukkan hasil optimum pada pH 6 dengan panjang gelombang 520 nm serta pada rasio 6:3 dengan panjang gelombang 524 nm, sedangkan analisis FTIR mengidentifikasi gugus hidroksil (O-H) dan alkena (C=C) yang berkontribusi dalam reduksi ion emas. PSA mengonfirmasi ukuran rata-rata partikel sebesar 3,519 nm, memenuhi kriteria nanopartikel (1-100 nm). Penelitian ini membuktikan potensi ekstrak daun kemangi sebagai alternatif hijau dalam sintesis AuNPs, menawarkan metode yang efisien, ramah lingkungan, dan ekonomis untuk aplikasi biomedis.

Kata kunci: AuNPs; kemangi; kelor; *green synthesis*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanopartikel adalah partikel yang terbuat dari logam atau polimer dengan ukuran berkisar antara 1 hingga 100 nanometer. Nanopartikel dikembangkan karena dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, salah satunya dibidang kimia misalnya biosensor yang berperan dalam imobilisasi biomolekul, katalis reaksi elektrokimia, pelabelan molekul dan meningkatkan transfer elektron (Pingarrón et al., 2008) Terdapat beberapa jenis nanopartikel logam yang dapat digunakan dalam aplikasi biosensor salah satunya yaitu nanopartikel emas (AuNPs).

Namun sintesis AuNPs sering menggunakan senyawa berbahaya seperti hidrazin, natrium borohidrida, dan dimetil formamida (DMF) sebagai agen pereduksi, serta mungkin membutuhkan peralatan mahal. Meskipun metode ini efektif dalam menghasilkan AuNPs, proses pemurnian untuk memisahkan nanopartikel dari zat-zat beracun memerlukan biaya tinggi dan waktu yang lama. Adanya residu senyawa berbahaya dalam jumlah kecil membuat AuNP yang dihasilkan tidak layak untuk digunakan dalam aplikasi biomedis (Krishnaswamy et al., 2014). Green syntesis menjadi solusi dalam menangani permasalahan ini.

Green sintesis AuNPs melibatkan tanaman dan juga mikroorganisme sebagai bioreduktor. Bioreduktor ini memiliki keunggulan, seperti tidak menghasilkan produk sampingan atau hanya menghasilkan produk sampingan yang ramah lingkungan, mudah dipisahkan, serta mudah didapatkan dan relatif lebih murah karena berasal dari bahan alami (A. Wiyani GM, S. E. Putri, M. Syahrir, 2021). Pada peneliitian yang dilakukan Nursyamsi (2015), Nanopartikel emas dapat disintesis melalui metode reduksi menggunakan bioreduktor yang berasal dari fraksi etil asetat daun ketapang (*Terminalia catappa*), menghasilkan nanopartikel emas dengan ukuran 17,13 nm. Geetha (2013) telah berhasil melakukan sintesis AuNPs menggunakan ekstrak bunga *Couroupta guianensis*.

Tanaman yang dapat digunakan sebagai bioreduktor adalah kemangi. Kemangi (*Ocimum basilium*) mempunyai kandungan yang kaya akan senyawa fenolik dan beragam produk alami lainnya termasuk polifenol seperti flavonoid dan antosianin. Senyawa-senyawa ini memiliki gugus hidroksil seperti OH yang dapat mereduksi ion logam Au menjadi nanopartikel. Pada penelitian yang dilakukan oleh

Lee (2016), ekstrak daun kemangi telah berhasil digunakan sebagai bioreduktor. Kandungan pada daun kemangi seperti flavonoid, asam fenolat, dan senyawa antioksidan lainnya terbukti dapat mereduksi ion Au^{3+} .

Selain daun kemangi, ekstrak yang dapat digunakan adalah daun kelor (*Moringa oleifera*) sebagai bioreduktor dalam sintesis AuNPs didasarkan pada beberapa keunggulan yang dimilikinya, daun kelor kaya akan berbagai fitokimia, seperti polifenol dan flavonoid, yang dapat berfungsi sebagai agen pereduksi dan penstabil dalam sintesis AuNPs. Selain itu, daun kelor juga dikenal memiliki sifat antioksidan dan antimikroba yang kuat, yang dapat meningkatkan potensi aplikasi AuNPs yang dihasilkan (Anand et al., 2015).

Dari uraian ini, pada penelitian ini akan dilakukan sintesis AuNPs dengan bioreduktor dari bahan terbarukan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dipaparkan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi sintesis yang tepat untuk ekstrak kelor dan kemangi?
2. Bagaimana karakter dari semua AuNPs yang telah disintesis?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi sintesis yang tepat untuk ekstrak kelor dan kemangi.
2. Mengetahui karakter dari semua AuNPs yang telah disintesis.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan memberikan manfaat pada sumbangan keilmuan tentang proses sintesis. Selain itu AuNPs dapat dimanfaatkan sebagai detektor kesehatan dan lingkungan. Dan tentu untuk universitas akan menambah peringkat produktifitas penelitian universitas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Karakteristik Umum Nanopartikel Emas (AuNPs)

AuNPs, atau nanopartikel emas, adalah koloid emas dengan ukuran yang bervariasi dan memiliki surface plasmon resonance (SPR) yang unik. Nanopartikel ini memiliki kemampuan menyerap cahaya tampak dan menjadikannya indikator kolorimetri yang efektif. Proses pembentukan nanopartikel emas dapat dilihat dengan mata telanjang melalui spektra warna yang berubah selama proses sintesis (Saputra et al., 2020). Proses pembentukan ini ditandai dengan perubahan dari warna ungu-biru ke warna merah muda dan kemudian terwujud menjadi warna merah delima pada saat nanopartikel emas terbentuk, memiliki panjang gelombang serapan 544,40 nm dengan absorbansi 0,287 (Syukri et al., 2020).

AuNPs memiliki sifat inert atau tidak reaktif secara kimia, biokompatibel, tidak beracun, dan tidak menimbulkan efek samping yang berbahaya bagi tubuh (Kumalasari et al., 2024) sehingga AuNPs dapat dengan mudah dipasangkan dengan berbagai molekul, seperti protein, pewarna, obat-obatan, antibodi, enzim, dan asam nukleat. Hal ini menjadikannya AuNPs ideal untuk berbagai aplikasi dalam biomedis seperti sensor, diagnosis, dan terapi (Santhosh et al., 2022). Pada penelitian yang dilakukan Syukri et al. (2020), biosintesis nanopartikel emas dengan ekstrak daun tin telah terbukti efektif sebagai agen antikanker dengan nilai IC₅₀ sebesar 81,43 ppm terhadap sel kanker payudara atau sel T47D. Pada penelitian yang dilakukan Aprilia et al. (2018) juga membuktikan bahwa nanopartikel emas memiliki aktifitas antikanker. Nanopartikel emas yang disintesis menggunakan ekstrak singkong karet terbukti memiliki aktivitas sitotoksik terhadap sel T47D. Melalui metode uji MTT, nanopartikel emas tersebut menunjukkan nilai IC₅₀ sebesar 42,47%, yang menunjukkan efektivitasnya dalam menghambat pertumbuhan sel kanker.

Ukuran AuNPs dapat mempengaruhi bentuk morfologinya. AuNPs yang memiliki ukuran berkisar antara 1 nm hingga 8 µm dapat membentuk berbagai morfologi, termasuk nanosfer, nanorod, nanoshell, nanocube, nanocage, serta struktur bercabang. Morfologi dengan bentuk nanosfer atau (AuNPs) berbentuk bulat merupakan morfologi yang paling banyak digunakan karena sederhana dan

menghasilkan stabilitas yang baik dibandingkan dengan morfologi lainnya, sehingga lebih mudah dalam melakukan sintesis (Tessaro et al., 2021).

2.1.2 Sintesis Nanopartikel Emas (AuNPs)

AuNPs dapat disintesis dengan menggunakan metode fisika dan kimia. Digunakan metode fisika apabila material berukuran besar dipecah menjadi partikel berukuran nanopartikel (top-down). Sedangkan metode kimia diaplikasikan apabila partikel inti menjadi satu dan membentuk nanopartikel (bottom-up). Metode top-down melibatkan teknik seperti mechanical milling, chemical etching, sputtering, laser ablation, dan electro-explosion. Sedangkan penggunaan teknik seperti spinning, template support synthesis, plasma atau flame spraying synthesis, laser pyrolysis, CVD (chemical vapor deposition), kondensasi atom-molekul, serta sintesis biologis melalui bakteri, ragi, jamur, alga, dan tumbuhan merupakan metode pendekatan bottom-up (Saputra et al., 2020).

Sintesis AuNPs yang paling umum digunakan adalah dengan melibatkan prekursor kimia asam klororaurat (HAuCl_4) dengan menggunakan reduktan yang sesuai serta agen penstabil untuk mencegah penggumpalan koloid emas yang tidak diinginkan (Ibrahim et al., 2016). Bahan penstabil yang banyak digunakan meliputi NaBH_4 , asam sitrat, natrium dodecyl sulfate, polivinilpirolidon, serta cetyltrimethylammonium bromide. Namun bahan-bahan ini menimbulkan bahaya bagi lingkungan karena dapat mencemari air dan tanah, bersifat toksisitas terhadap makhluk hidup di air, dan sulit terurai yang dapat menyebabkan kerusakan ekosistem dan keseimbangan lingkungan (Saputra et al., 2020). Green syntesis menjadi solusi alternatif yang aman bagi lingkungan yang memanfaatkan agen pereduksi seperti mikroorganisme biologis (seperti, jamur, alga, ragi, dan bakteri), polisakarida, dan ekstrak tanaman yang berasal dari daun, akar, dan biji (Fahim et al., 2024). Al-Radadi (2021) telah berhasil mensintesis nanopartikel emas menggunakan ekstrak akar licorice (*Glycyrrhiza glabra*). Perubahan warna larutan dari kuning menjadi ungu gelap menandai keberhasilan pembentukan AuNPs, yang (Sharma et al., 2012) merupakan tanda khas dari resonansi plasmon permukaan (SPR) nanopartikel emas. Keberhasilan penelitian juga dibuktikan dengan karakterisasi menggunakan UV-VIS. Spektroskopi UV-Vis menunjukkan puncak absorbansi pada 540 nm, yang menunjukkan keberadaan nanopartikel emas. (Aprilia et al., 2018)

2.1.3 Kemangi dan Kelor Sebagai Bioreduktor AuNPs

Kemangi (*Ocimum basilicum*) adalah tanaman yang banyak ditemukan di daerah tropis. Tanaman ini memiliki banyak khasiat dan sering digunakan dalam mengobati berbagai penyakit seperti disentri, masalah kulit, demam, batuk, flu, diabetes, gangguan pencernaan, diare, sakit gigi, migrain, dan mengatasi bakteri dan jamur (Shahrajabian et al., 2020). Setiap bagian dari tanaman ini dapat dimanfaatkan sebagai obat. Khususnya, daunnya sebagai obat yang ampuh menyembuhkan penyakit menular (Manikandan et al., 2021).

Selain digunakan sebagai obat-obatan tanaman ini juga dapat digunakan sebagai agen pereduksi hayati (Bioreduktor) dalam sintesis nanopartikel. Menurut Pratiwi et al. (2023) Kandungan yang terdapat pada daun kemangi seperti filosterol, alkaloid, senyawa fenolik, lignin, tannin, pati, saponin, flavonoid, terpenoid, dan antra kuinon dapat digunakan sebagai bioreduktor karena dapat mereduksi ion logam.

Pada penelitian yang dilakukan Sharma et al. (2012), daun kemangi (*Ocimum basilicum*) dapat mereduksi ion emas menjadi nanopartikel emas berbentuk bulat dan seragam dengan ukuran antara 5–40 nm. Pada penelitian kali ini daun kemangi digunakan sebagai bioreduktor dalam sintesis hijau nanopartikel emas (AuNPs). Penelitian mengenai penggunaan daun kemangi sebagai bioreduktor dalam sintesis hijau nanopartikel emas (AuNPs) memang masih tergolong baru dan memiliki potensi besar. Prinsip bioreduktor adalah penggunaan agen pereduksi hayati untuk mereduksi ion logam sehingga menjadi bentuk logam yang lebih stabil, seperti nanopartikel. Kandungan flavonoid yang terdapat pada daun kemangi dapat mereduksi ion logam (Yohan et al., 2018). Dalam hal ini flavonoid berperan sebagai agen pereduksi hayati untuk mereduksi ion logam Au^{3+} menjadi Au^0 . Flavonoid mengandung gugus fungsi hidroksil seperti (OH) yang apabila direaksikan dengan Au^{3+} maka gugus OH akan mereduksi atau memberikan elektron kepada Au^{3+} sehingga menjadi Au^0 . Dalam kondisi ini emas menjadi lebih stabil. Atom-atom ini kemudian berkumpul dan membentuk nanopartikel emas.

Green- synthesis, atau sintesis hijau, adalah metode pembuatan bahan kimia yang ramah lingkungan dengan meminimalkan penggunaan bahan berbahaya dan mengurangi limbah. Metode ini sering digunakan untuk menghasilkan nanopartikel

dengan memanfaatkan bahan alami seperti ekstrak tumbuhan sebagai agen pereduksi dan penstabil. Green sintesis bertujuan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia dengan menggunakan proses yang lebih aman dan berkelanjutan. (Nadhifah dkk, 2020)

Moringa oleifera merupakan tanaman Angiosperma yang biasa dikenal dengan nama pohon 'stik drum' atau 'lobak'. Itu milik genus kelor memiliki 13 spesies berbeda. Diantaranya, *Moringa oleifera* adalah spesies yang paling banyak dibudidayakan berasal dari daerah tropis dan subtropic wilayah dunia (Thapa dkk, 2019)

Daun kelor (*Moringa Oleifera*) digunakan dalam sintesis hijau nanopartikel emas (Au) karena mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, alkaloid, terpenoid, dan asam fenolat. Senyawa-senyawa ini berfungsi sebagai agen pereduksi dan penstabil dalam proses sintesis, yang memungkinkan pembentukan nanopartikel emas tanpa memerlukan bahan kimia berbahaya (Agent, 2023)

2.2 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Nama dan Tahun Penelitian	Metode Penelitian	Variabel atau Instrumen	Hasil Penelitian
1	Ola M. El-Boradya, Mahmoud S. Ayat, Mostafa A. Shabrawy, Pierre Millet (2020)	Sintesis AuNPs dengan menggunakan daun parsley	Morfologi NP yang disintesis (termasuk skala nano, bentuk, dan keseragaman) diselidiki dengan mikroskop TEM (JEOL, model JEM-2010) dengan tegangan akselerasi 200 kV, dilengkapi dengan Kamera Digital Gatan (Model Erlangshen ES500), dan distribusi ukuran serta Zeta-Potensialnya dievaluasi dengan spektroskopi DLS	AuNP berhasil dibiosintesis dengan pendekatan yang murah, cepat, dan aman, menggunakan daun peterseli, tanpa menggunakan bahan kimia beracun. Empat sampel AuNP yang berbeda disiapkan dengan menggunakan volume ekstrak tanaman yang

			<p>(Malvern Zetasizer Nano ZS90 analyzer pada suhu 25 ° C). Absorbansi optik dari larutan NPs yang telah disiapkan diukur dengan Spektrofotometer UV-Vis (Spektrofotometer Shimadzu UV-2450, sel kuarsa selebar satu cm). Informasi struktural dan jenis gugus fungsi dari ekstrak yang mungkin terlibat dalam sintesis dan stabilisasi AuNPs diperoleh dengan spektrofotometer FTIR (spektrometer JASCO) pada rentang 4000 hingga 400 cm⁻¹. Sampel NPs dicampur dengan kalium bromida (KBr) dengan rasio 1:100, dikompresi ke disk 2 mm menggunakan simpul sekrup yang dirancang. Komposisi unsur sampel bubuk ditentukan dengan spektroskopi sinar-X dispersif energi (EDX) menggunakan mikroskop elektron pemindaian (SEM) JEOL model JSM-</p>	<p>berbeda. EDX mencapai pembentukan dan keberadaan AuNPs. Selain itu, pencitraan TEM menunjukkan bahwa AuNPs ini memiliki bentuk bulat, semi-batang, atau bunga, tergantung pada jumlah ekstrak yang digunakan, sementara AuNPs (A) memiliki ukuran dan bentuk yang paling homogen dan polidispersitas tertinggi seperti yang terdeteksi dari DLS. Selain itu, analisis FTIR menunjukkan bahwa permukaan AuNPs ditutupi oleh biomolekul yang ditemukan dalam ekstrak tanaman seperti protein dan polifenol. Spesies-spesies ini berkontribusi pada stabilisasi NPs seperti yang dikonfirmasi dari muatan negatif yang terdeteksi dari zeta potensial</p>
--	--	--	--	---

			IT100. Data tentang sifat antioksidan direkam pada Fluorescence Microplate Reader & Autosampler FP-8000 Series (JASCO).	
2	Amr Fouda, Ahmed M. Eid, Eric Guibal 2, Mohammed F. Hamza 3,4 , Saad El-Din Hassan, Dalal Hussien M. Alkhalifah and Dalia El-Hossary (2022)	Sintesis AuNPs dengan menggunakan ekstrak jahe	Indikasi pertama untuk keberhasilan sintesis hijau AuNPs menggunakan ekstrak air tanaman disediakan oleh perubahan warna larutan. Intensitas warna ungu dipantau dengan mengukur absorbansi larutan pada panjang gelombang yang bervariasi antara 200 dan 800 nm menggunakan spektroskopi UV-tampak (spektrofotometer JENWAY 6305, Jenway, Bibby Scientific UK, Staffordshire, Inggris). Dalam pengujian ini, 2 mL larutan ungu yang disintesis ditambahkan ke kuvet kuarsa, dan spektrum dipantau pada interval waktu yang teratur untuk mendeteksi resonansi	AuNPs berhasil disintesis melalui reaksi ekstrak air rimpang Zingiber officinale dengan asam kloroasetat; hal ini dikonfirmasi dengan perubahan warna (dari tidak berwarna menjadi warna ungu). Spektrofotometer UV-Vis menunjukkan SPR maksimum pada 530 nm. TEM menunjukkan nanopartikel berbentuk bola dengan ukuran 5-53 nm (ukuran nanopartikel rata-rata: $15,11 \pm 8,5$ nm). XRD mengkonfirmasi sifat kristal dari bahan tersebut. Spektroskopi FT-IR memungkinkan identifikasi gugus fungsi utama dalam ekstrak

			<p>plasma permukaan maksimum (SPR), FTIR, TEM.</p>	<p>tanaman dan AuNP yang disintesis. Stabilitas nanopartikel yang tinggi dalam larutan koloid dikonfirmasi oleh karakterisasi DLS dan zeta potensial. Aktivitas biologis, termasuk aktivitas antimikroba, serta antioksidan dan kemanjuran sitotoksik in vitro, diselidiki dan ditemukan bergantung pada dosis. AuNP yang disintesis menunjukkan aktivitas tinggi terhadap mikroba patogen, aktivitas antioksidan yang tinggi, dan sitotoksisitas berorientasi target terhadap garis sel kanker (dibandingkan dengan sitotoksisitas yang dapat diabaikan terhadap garis sel normal). Secara keseluruhan, ekstrak Zingiber officinale menunjukkan potensi tinggi</p>
--	--	--	--	---

				untuk menghasilkan AuNP yang sangat aktif, dengan potensi untuk berbagai aplikasi biomedis.
3	Tejaswini P. Patil, Anuja A. Vibhute, Snehal L. Patil, Tukaram D. Dongale, Arpita P. Patil, Tukaram D. Dongale. Tiwari (2023)	Sintesis AuNPs dengan bubuk cabe	Karakterisasi dilakukan dengan spektrofotometer UV-Visibel, FTIR, TEM, EDX, dan XRD	Sintesis nanopartikel emas hijau dicapai dalam satu langkah sintesis dengan menggunakan ekstrak buah kering <i>C. annuum</i> . Fitokonstituen dari ekstrak tanaman digunakan sebagai agen pereduksi dan penstabil untuk sintesis nanopartikel emas yang ditemukan stabil selama hampir 3 bulan. Hasil FT-IR menunjukkan keterlibatan fitokimia seperti flavonoid, terpenoid, fenol, polifenol, dan glikosida dalam reduksi dan stabilisasi AuNPs dengan puncak serapan pada 540 nm. Ca-AuNPs sebagian besar berbentuk bulat

				<p>dengan kisaran ukuran 20-30 nm. Struktur FCC kristal AuNPs juga terdeteksi dan ukuran kristal ditemukan sebesar 28,6 nm. Hasil antiangiogenik menunjukkan bahwa AuNPs yang dibiosintesis secara efektif menghambat angiogenesis pada konsentrasi 100 µg / mL. Baik Ca-AuNPs dan ekstrak buah C. annum memiliki aktivitas antioksidan yang efisien dengan aktivitas pemulungan masing-masing sebesar 86,0 dan 88,3%. Efisiensi Ca-AuNPs sebagai agen antiinflamasi dengan penghambatan hemolisis sebesar 72,25% juga terdeteksi dengan menggunakan uji hemolisis yang diinduksi panas.</p>
--	--	--	--	--

2.3 Kerangka Konsep Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan berfokus pada tahap-tahap kunci yang dijelaskan secara terperinci sebagai berikut:

a. Ekstaksi

Proses pengambilan zat aktif dalam tanaman dengan berbagai medium pelarut dan situasi yang dilakukan. Keberhasilan proses ekstraksi akan menentukan proses intesis, karena sintesis ini melibatkan zat pereduksi dan penstabil dari bahan alam.

b. Persiapan prekursor

Terdapat banyak jenis prekursor, baik sintetik atau yang diolah dari bahan-bahan lain. Terdapat prekursor emas sintetik yang tersedia dipasaran, namun memiliki harga yang tinggi, sebagai bentuk efisiensi, digunakan bahan lain seperti logam emas murni yang dijadikan prekursor dengan cara dilarutkan pada zat asam seperti aqua regia.

c. Sintesis

Sintesis adalah tahap inti dari penelitian ini, karena pada tahap ini akan dicampurkan prekursor dengan zat pereduksi. Ketika terjadi perubahan warna dan ketika dikarakterisasi muncul di panjang gelombang yang diinginkan, akan mengindikasikan kesuksesan sintesis.

d. Karakterisasi

Karakterisasi adalah tahap konfirmasi tentang hasil sintesis, ketika hasil karakter sesuai dengan karakter yang sudah establis, hal ini akan menandakan bahwa hasil sintesis berhasil.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental yang bertujuan untuk mengembangkan metode sintesis nanopartikel emas menggunakan daun kelor dan kemangi sebagai agen reduktor dan penstabil alami. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan beberapa tahapan, diantaranya sintesis nanopartikel emas menggunakan daun kelor dan kemangi; karakterisasi nanopartikel perak yang disintesis; serta analisis data.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan secara luring di Laboratorium Kimia Program Studi Kimia Universitas Bojonegoro karena beberapa alasan empiris yang berkaitan dengan kontrol dan keamanan dalam proses penelitian yang mampu memengaruhi hasil penelitian. Homogenitas kondisi sintesis nanopartikel perak sangat penting untuk diperhatikan agar menghasilkan nanopartikel perak yang konsisten dan memiliki fungsi yang optimal.

3.3 Populasi, Sampel, dan Teknik Pengambilan Sampel

Populasi dalam penelitian ini mencakup bahan-bahan yang digunakan untuk sintesis nanopartikel emas; kelor dan kemangi.

3.4 Jenis Data dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh langsung dari hasil eksperimen laboratorium. Data primer ini mencakup hasil pengamatan dan pengukuran selama proses sintesis nanopartikel perak menggunakan daun kelor dan kemangi. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui eksperimen laboratorium secara langsung.

3.4.1 Bahan dan Alat

3.4.1.1 Bahan

Akuades, daun kelor (*Moringa Oleifera*), Daun Kemangi (*Ocimum basilicum*), logam emas (Au), HNO₃ dan HCl.

3.4.1.2 Alat

Gelas Beaker, neraca analitik, pipet volume, pipet ukur, hotplate, magnetic stirrer, micropipet, mortal dan alu. gelas vial, instrumen UV – VIS (Ultraviolet Visible) , Instrumen FTIR (Fourier Transform Infrared) dan PSA.

3.4.2 Prosedur Penelitian

3.4.2.1 Ekstaksi Daun

Daun kelor dan kemangi yang digunakan dalam penelitian ini, dibilas dengan air suling steril. Bahan-bahan segar yang bersih ini dipotong-potong halus dan digiling dengan alu dan lumpang dan direndam dengan air suling dan diiringi dengan proses pemanasan sekitar suhu 50 – 60 °C. Infusa yang dihasilkan disaring secara menyeluruh menggunakan kertas saring Whatmann No.1. Langkah yang sama dilakukan untuk ekstrak kemangi

3.4.2.2 Sintesis Nanopartikel Emas

Larutkan emas Antam dalam *aqua regia* (campuran tiga bagian HCl dan satu bagian HNO₃) untuk membentuk larutan emas klorida (HAuCl₄). 10 mL ekstrak MO ditambahkan tetes demi tetes ke dalam 90 mL larutan HAuCl 1,0 mM yang baru disiapkan selama 4,5 jam pada suhu kamar.

Pembentukan AuNP dapat diketahui dari perubahan warna yang terlihat dari kuning menjadi merah delima, yang merupakan ciri khas AuNP koloid yang sangat kecil. Perubahan warna menegaskan bioreduksi Au³⁺ untuk Au⁰. AuNP yang tereduksi secara lengkap diperoleh dengan membiarkan campuran reaksi berada dalam kondisi gelap selama 24 jam. Langkah yang sama dilakukan untuk ekstrak kemangi.

3.4.2.3 Karakterisasi

a. Instrumen UV-Vis

Analisis ini menggunakan instrumen UV–Vis. Reduksi Au-NP dipastikan dengan menggunakan spektroskopi UV-vis pada rentang Panjang gelombang 300 – 800 nm p. Tiga mililiter sampel dipipet ke dalam tabung reaksi dan dianalisis secara posterior pada suhu kamar. Air deionisasi digunakan sebagai blanko. Larutan NPS menunjukkan absorbansi terjauh di dekat 517 nm.

b. FTIR

Setelah Au-NPs ditampung, nanopartikel disentrifugasi pada kecepatan 6000 rpm selama 12 menit. Perlakuan diulang 3-5 kali. Kemudian diambil endapan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C selama 5 jam. Ekstrak buah bubuk *Hylocereus undatus* dicuci dengan air suling berkali-kali untuk menghilangkan debu dan polutan, kemudian dikeringkan dengan suhu 45°C dalam oven. Sebagai perbandingan, NP kering dan bubuk ekstrak buah *Hylocereus undatus* dianalisis dengan FTIR spektrofotometer, spektrumnya tercatat pada kisaran 4000 – 400 cm^{-1} .

c. PSA

PSA dilakukan untuk melihat ukuran secara umum dari AuNPs yang telah disintesis.

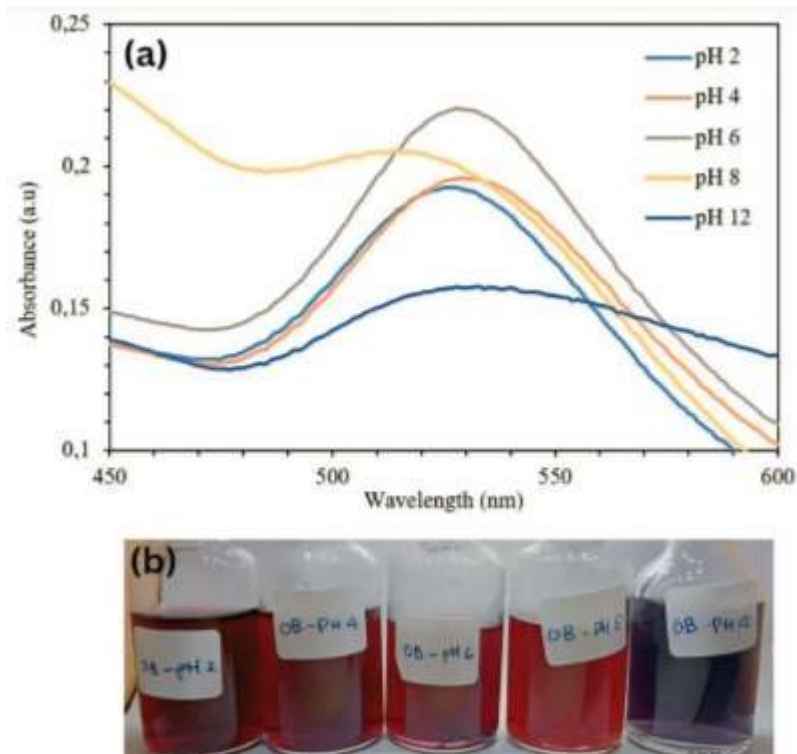
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sintesis Nanopartikel Emas (AuNPs) dengan Daun Kemangi

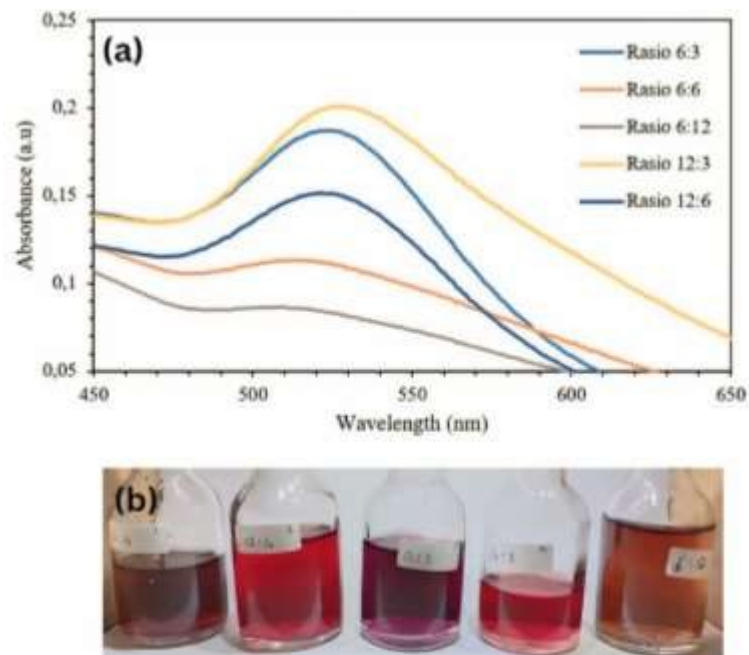
Ekstraksi Daun Kemangi

Proses ekstraksi daun kemangi menghasilkan konsentrasi sebesar 0,075%, dengan memasukan ke dalam aquades yang telah mendidih selama 10 menit. Perlakuan ini dilakukan supaya senyawa fitokimia yang terkandung dalam bubuk daun kemangi dapat terlarut secara optimal dalam larutan. Senyawa-senyawa ini penting dalam sintesis nanopartikel emas karena kemampuannya untuk mereduksi menjadi ion emas elemental serta menstabilkan nanaopartikel yang terbentuk. Pemilihan waktu selama 10 menit digunakan karena bubuk kemangi dimasukan dalam kondisi aquades yang telah mendidih, dimana hal tersebut dapat mempercepat proses pelepasan senyawa aktif dari daun dan jika dilakukan dalam jangka waktu yang cukup lama akan menyebabkan rusaknya senyawa fitokimia. Warna yang terlihat pada ekstraksi daun kemangi ini adalah hijau lumut terang, serta perlu dilakukannya penyaringan agar senyawa yang digunakan untuk sintesis terpisah dengan pengotor atau polutan (amin et al., 2020).

Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis



Gambar 4.1. Sintesis AuNPs dalam berbagai variasi pH (a) Spektra UV-Vis AuNPs (b) Koloid AuNPs



Gambar 4.2. Sintesis AuNPs dalam berbagai variasi rasio (a) Spektra UV-Vis AuNPs (b) Koloid AuNPs

Spektrofotometer UV-VIS merupakan analisis yang digunakan untuk mengukur panjang gelombang maksimal dan absorbansi. Pengukuran panjang gelombang maksimum serapan dari nanopartikel emas (AuNPs) yang disintesis menggunakan ekstrak daun kemangi sebagai agen pereduksi. Pengukuran dilakukan pada rentang spektrum tampak (400-800 nm) dengan perbandingan volume ekstrak daun kemangi terhadap larutan logam prekursor sebesar 6:12 dan dengan variasi pH 2, pH 4, pH 6, pH 8, dan pH 12.

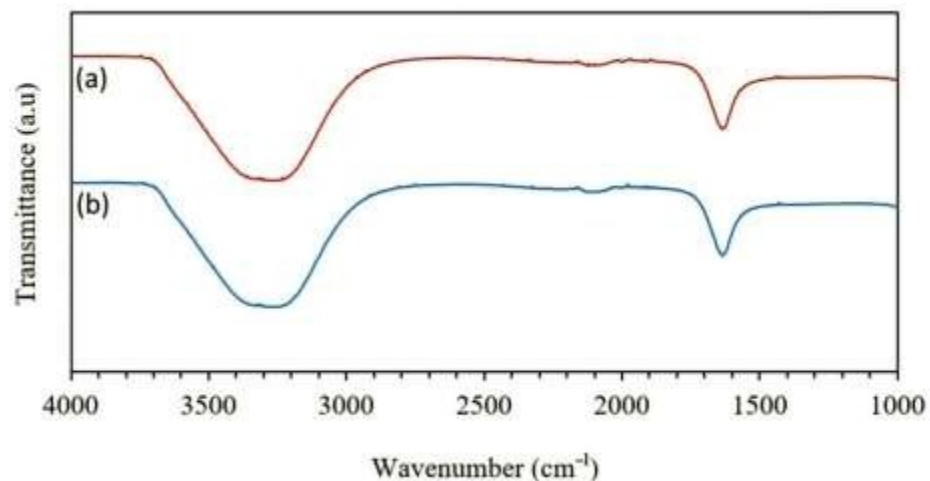
Dari hasil analisis, larutan AuNPs dengan pH 6 merupakan puncak tertinggi dengan Panjang gelombang 520nm, disusul pH 8, dengan Panjang gelombang 510nm, pH 4 dengan pH 2 dmiliki Panjang gelombang yang sama, yaitu 520nm, dan puncak serapan terendah terdapat pada pH 12, dengan Panjang gelombang 515nm. Dari data hasil UV-VIS, pH 6 merupakan variasi paling optimum dalam sintesis nanopartikel emas. Menurut Asfar, (2019). Pembentukan nanopartikel emas biasanya ditunjukkan dengan perubahan warna menjadi merah anggur dan puncak absorbansi dalam kisaran 500-600 nm.

Terdapat pula optimasi rasio nanopartikel emas dengan menggunakan variasi perbandingan antara larutan logam prekursor dengan ekstrak daun kemangi yakni 12:3; 12:6; 6:12; 6:3; dan 6:6. Perbandingan 6:12 menghasilkan nilai absorbansi terkecil diantara variasi yang lainnya yakni hanya sebesar 0,086 pada panjang gelombang 515 nm, diikuti dengan 6:6 dengan absorbansi 0,113 dipanjang gelombang 513 nm, serta 12:6 pada panjang gelombang 522 nm dengan absorbansi sebesar 0,154. Sementara pada perbandingan 12:3 dan 6:3 memiliki hasil yang cukup memuaskan karena berada pada panjang gelombang dan absorbansi secara berturut-turut 528 nm ; 0,201 dan 524 nm ; 0,187. Menurut Kasim et al., (2020)

semakin besar nilai absorbansi suatu senyawa maka konsentrasi yang dihasilkan juga semakin besar, berhubungan dengan hal tersebut Arif et al., (2021) mengatakan bahwa semakin sedikit ekstrak yang digunakan maka dapat menaikkan nilai absorbansi dan pembentukan partikel menjadi lebih sempurna.

Pada pengujian yang menggunakan karakterisasi UV-Vis ini menghasilkan 2 larutan yang optimum yakni pada pH 6 serta perbandingan rasio antara larutan logam prekursor dengan ekstrak daun kemangi 6:3. Dapat terlihat pada gambar hasil olahan data UV-Vis yang memperlihatkan bahwa puncak tertinggi terdapat pada rasio 12:3, namun pada spektra ini terdapat pelebaran pita yang menjadikannya alasan mengapa rasio 12:3 kurang optimum. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Kumalasari, 2018) yang mengatakan bahwa semakin lebar puncak maka nanopartikel yang dihasilkan akan berukuran besar, selain itu juga dapat terjadi karena aglomerasi pada larutan ini.

Karakterisasi *Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR)

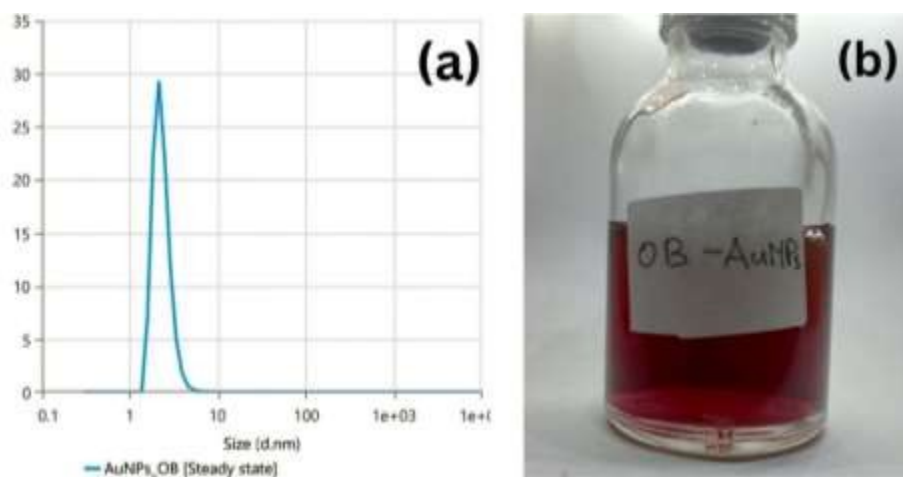


Gambar 4.3. Spektra FTIR (a) ekstrak daun kemangi 0,075% (b) AuNPs dengan bioreduktor ekstrak daun kemangi 0,075%

Spektrum FTIR merupakan instrumen yang digunakan untuk menganalisis dan mengidentifikasi gugus fungsional yang berinteraksi dengan partikel logam serta biomolekul (Islam et al., 2024). Dalam spektrum yang dihasilkan, terlihat beberapa puncak pada sampel ekstrak daun kemangi 0,075% yakni, $3265,1 \text{ cm}^{-1}$; $2124,6 \text{ cm}^{-1}$; $2001,6 \text{ cm}^{-1}$; dan $1636,3 \text{ cm}^{-1}$. Sementara untuk nanopartikel emas yang disintesis menggunakan ekstrak kemangi 0,075% terdapat pada bilangan gelombang $3261,4 \text{ cm}^{-1}$; $2128,3 \text{ cm}^{-1}$; serta $1636,3 \text{ cm}^{-1}$. Pita karakterisasi yang terdapat pada bilangan gelombang $3265,1 \text{ cm}^{-1}$ dan $3261,4 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus peregangan O–H. Hal ini diperkuat melalui penelitian yang dilakukan oleh Patra et al., (2023) dengan penelitian sintesis AuNPs berbasis bio dari daun teh hijau matang, pada rentang bilangan gelombang $3600 - 3200 \text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus hidroksil yang berasal dari senyawa polifenol, dan melalui getaran peregangan O–H.

Pita serapan pada panjang gelombang $1636,3 \text{ cm}^{-1}$ muncul pada kedua sampel, yang menandakan adanya gugus C=C, sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Marfina et al., (2019) mengenai sintesis AuNPs menggunakan bioreduktor minyak atsiri dari kayu manis memunculkan gugus C=C pada bilangan gelombang $1626,85 \text{ cm}^{-1}$. Pada bilangan gelombang $2124,6 \text{ cm}^{-1}$; $2028,3 \text{ cm}^{-1}$; dan $2001,6 \text{ cm}^{-1}$ memunculkan gugus alkuna (C≡C), penelitian yang dilakukan oleh Saleh et al (2020) juga menyebutkan bahwa pada rentang $2260 - 2000 \text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus alkuna ester yakni C≡C (*stretching vibration*). Senyawa dengan gugus tertentu seperti hidroksil (OH) serta alkena (C=C) dari monoterpenoid, seskuiterpena, dan fitol dari ekstrak daun kemangi 0,075% ikut berproses dalam pengikatan serta mereduksi ion logam (Au). Namun pita serapan yang muncul sebagai puncak tidak dapat memperlihatkan gugus fungsi khas yang menandakan interaksi antara Au dengan gugus fungsi dari senyawa organik. Hal ini dapat disebabkan karena menggunakan FTIR *mid-infrared*, dimana rentang bilangan gelombang yang digunakan hanya berkisar $400-4000 \text{ cm}^{-1}$ (Faramitha et al., 2022)

Karakterisasi *Particle Size Analyzer* (PSA)



Gambar 4.4. (a) Spektra PSA AuNPs (b) Hasil sintesis optimum AuNPs

Particle analyzer size (PSA) merupakan instrumen yang digunakan untuk mengetahui ukuran partikel dari AuNPs (Lestari et al., 2022). Sampel yang diuji dengan PSA merupakan sampel yang memiliki kondisi paling optimum diantara beberapa variabel, yakni pada pH 6 serta rasio perbandingan antara emas dan ekstrak daun kemangi 0,075% adalah 6:3. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ukuran rata-rata dari nanopartikel emas menggunakan bioreduktor ekstrak daun kemangi adalah 3,519 nm. Ukuran ini menunjukkan bahwa partikel emas yang disintesis termasuk kedalam nanopartikel, dimana ukuran nanopartikel berada pada skala 1-100 nm (Wahab et al., 2020).

4.2 Sintesis Nanopartikel Emas (AuNPs) dengan Daun Kelor

Ekstraksi Daun Kelor

Ekstraksi daun kelor menghasilkan larutan dengan konsentrasi 0,25 %, dimana prosesnya dilakukan dengan merebus bubuk daun kelor dalam aquades mendidih hingga berwarna kuning kecoklatan. Langkah ini bertujuan untuk melarutkan senyawa fitokimia yang terkandung dalam bubuk daun kelor sebagai bioreduktor. Flavonoid juga berperan sebagai capping agent berinteraksi secara elektrostatis dengan nanopartikel perak. Capping agent merupakan suatu zat yang berperan untuk menstabilkan nanopartikel emas yang telah disintesis dari suatu proses aglomerasi (Nurfadia et al., 2024). Semakin tinggi jumlah senyawa metabolit sekunder terkandung dalam ekstrak tumbuhan yang berperan sebagai capping agent, maka semakin stabil pula ukuran nanopartikel perak yang dihasilkan (Oktavia & Sutoyo, 2021).

Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis

Penggunaan spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk mengetahui λ_{maks} dari hasil sintesis nanopartikel emas. Spektrofotometri UV-Vis merupakan metode pertaman dalam uji ini untuk mengidentifikasi nanopartikel emas melalui λ_{maks} dan absorbansi yang terbentuk. Hasil sintesis nanopartikel emas dengan pH yang divariasikan, dalam percobaan ini adalah 4, 6, 8, 10, dan 12 pada gambar 1. Pada gambar 2 variasi rasio yang digunakan antara HAuCl_4 0,3 mM dan ekstrak daun kelor meliputi perbandingan 7,5:7,5, 5:15, 10:5, 15:5, dan 5:10.

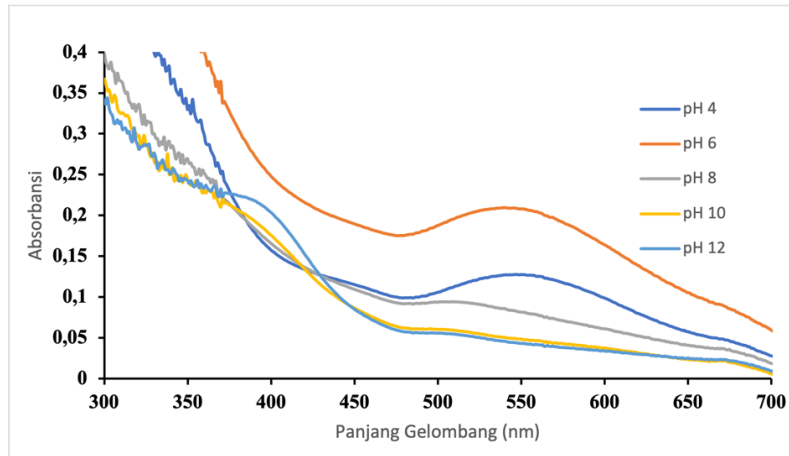
Kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan membaca serapan pada panjang gelombang 200-800 nm, salah satu indikator keberhasilan pembentukan nanopartikel emas adalah dengan melihat pergeseran panjang gelombang maksimum nanopartikel emas (Melani., 2021). Menurut penelitian Fariyah & Taufikurohmah (2024) nanopartikel emas mempunyai panjang gelombang berkisar 500-600 nm.



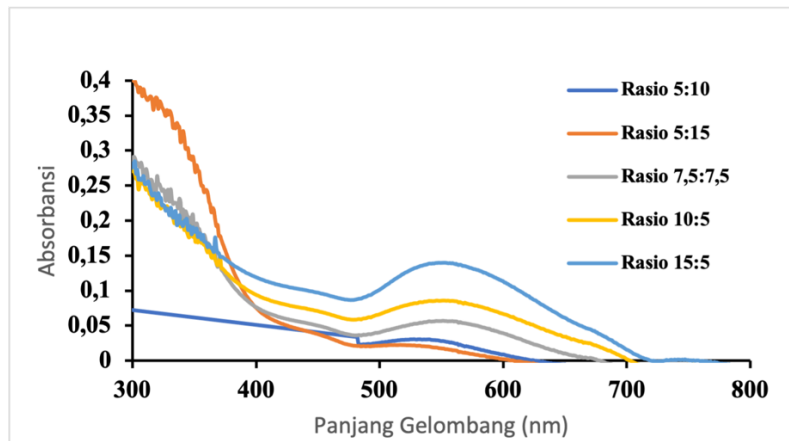
Gambar 4.5. Hasil sintesis AuNPs beragam variasi

Variasi pH berpengaruh terhadap ukuran dan stabilitas nanopartikel yang terbentuk. Panjang gelombang yang di peroleh sebelumnya menunjukkan absorbansi 0,225 Abs dengan panjang gelombang maksimum pada 369 nm, setelah disintesis menggunakan reduktan dari ekstrak daun kelorm. Pada pH 6 panjang gelombang

maksimum bergeser ke 540 nm dengan nilai absorbansi 0,215 Abs yang merupakan pH optimum . Kemudian pada rasio 15:5 memiliki panjang gelombang 535nm dengan nilai absorbansi 0,209 Abs. Penelitian ini berhasil melakukan sintesis nanopartikel emas karena sesuai berdasarkan teori bahwa nanopartikel emas mempunyai panjang gelombang berkisar 500-600 nm, oleh karena itu pH 6 dan rasio 15:5 di pilih sebagai sintesis emas yang paling optimum.



A



B

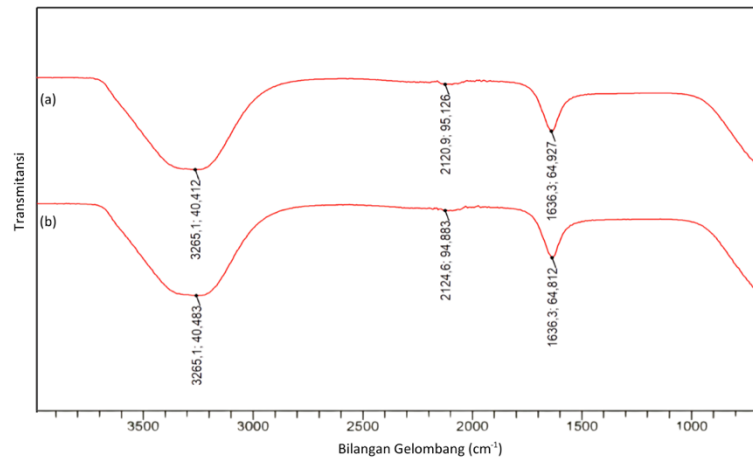
Gambar 4.6 Spektra UV-Visibel beragam variasi AuNPs yang disintesis dengan daun kelor (A) variasi pH (B) variasi rasio

Teori SPR (*Surface Plasmon Resonance*) menyatakan bahwa ukuran nanopartikel berkorelasi dengan panjang gelombang maksimum, artinya semakin besar ukuran nanopartikel maka panjang gelombang yang dihasilkan semakin panjang. Hal ini dikarenakan semakin jauh elektron yang tereksitasi dari keadaan dasar maka energi eksitasinya semakin kecil. (Lestari et al. 2022).

Karakterisasi *Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR)

Spektroskopi FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam ekstrak daun kelor dan nanopartikel emas hasil sintesis. Analisis ini bertujuan untuk menentukan perubahan kimia yang terjadi selama proses reduksi ion emas menjadi nanopartikel emas serta peran metabolit sekunder dalam stabilitas nanopartikel (Iqbal et al., 2019).

Spektrum FTIR ekstrak daun kelor menunjukkan puncak utama pada $3265,1\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan getaran regangan gugus hidroksil (O–H), $2124,6\text{ cm}^{-1}$ yang terkait dengan regangan gugus C≡C atau C≡N, dan $1636,3\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan regangan simetris gugus karbonil (C=O). El-Borady et al. (2020) melaporkan kehadiran gugus fungsi seperti O–H, C=O, dan C≡N mengindikasikan adanya biomolekul seperti flavonoid, fenol, dan asam organik yang diketahui berperan dalam proses bioreduksi ion emas untuk membentuk nanopartikel emas.



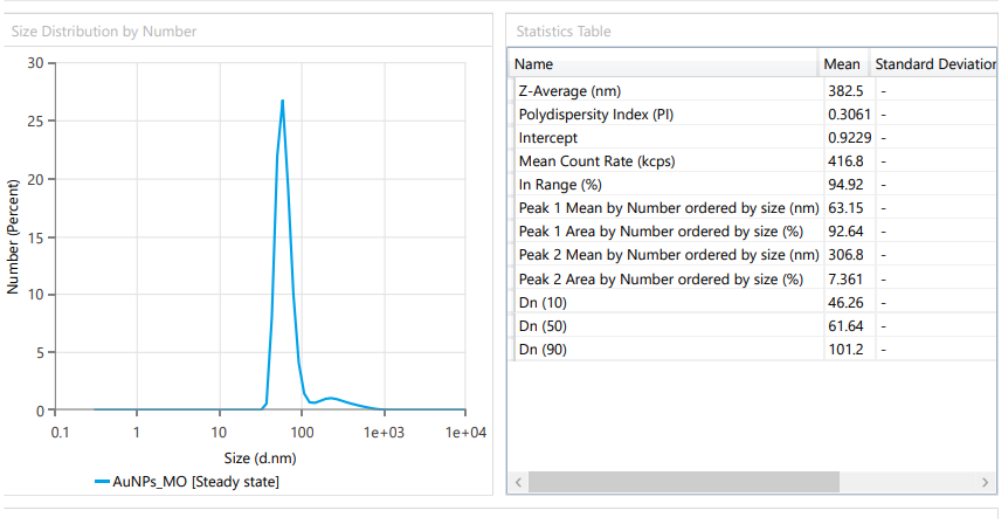
Gambar 4.7. Spektra FTIR Hasil sintesis AuNPs yang disintesis dengan ekstrak kelor

Spektrum FTIR nanopartikel emas menunjukkan puncak yang serupa, dengan puncak utama pada $3265,1\text{ cm}^{-1}$ (O–H) yang tetap terdeteksi meskipun intensitasnya menurun, $2120,9\text{ cm}^{-1}$ (C≡C atau C≡N) yang mengalami pergeseran kecil, dan $1636,3\text{ cm}^{-1}$ (C=O) yang tetap stabil, menunjukkan peran gugus karbonil dalam stabilisasi nanopartikel. Selain itu, muncul puncak baru pada rentang $600\text{--}400\text{ cm}^{-1}$, yang merupakan karakteristik ikatan logam emas (Au). Pergeseran dan perubahan intensitas ini menunjukkan adanya interaksi langsung antara ion emas dengan gugus fungsi pada biomolekul (El-Borady et al., 2020).

Karakterisasi *Particle Size Analyzer* (PSA)

Teknik particles size analyzer bertujuan untuk mengetahui ukuran partikel dari NP Au yang sesuai dengan ukuran standar yaitu $1\text{--}100\text{ nm}$. Uji PSA ini dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan sehingga hasil akhir nantinya yang didapatkan bisa lebih jelas (Lestari et al., 2022).

Nanopartikel emas yang disintesis menggunakan ekstrak air daun salam dari hasil karakterisasi menggunakan PSA adalah 95,4 nm.



Gambar 4.8. Hasil Pengukuran PSA AuNPs yang Disintesis dengan Kelor

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Sintesis nanopartikel emas (AuNPs) menggunakan ekstrak daun kemangi menghasilkan nanopartikel dengan ukuran rata-rata 3,519 nm, yang termasuk dalam kategori nanopartikel (1-100 nm). Karakterisasi Particle Size Analyzer (PSA) menunjukkan ukuran yang sesuai dengan standar nanopartikel, sementara karakterisasi UV-Vis pada pH 6 dengan panjang gelombang 520 nm serta rasio 6:3 pada panjang gelombang 524 nm, yang menunjukkan pembentukan nanopartikel emas yang optimal. Karakterisasi FT-IR mengidentifikasi keberadaan gugus fungsional O-H, C=C, dan C≡C yang berinteraksi dengan ion emas dan berperan dalam mereduksi serta menstabilkan nanopartikel yang terbentuk. Dengan demikian, ekstrak daun kemangi memiliki potensi sebagai agen bioreduktor yang efektif untuk sintesis nanopartikel emas dengan hasil yang optimal pada pH 6 dan rasio 6:3.
2. Sintesis nanopartikel emas (*AuNPs*) menggunakan metode green synthesis dengan bioreduktor ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) berhasil dilakukan, menunjukkan bahwa metode ini efektif, ramah lingkungan, dan ekonomis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH dan rasio pereaksi berpengaruh signifikan terhadap ukuran dan stabilitas nanopartikel yang dihasilkan, dengan kondisi optimum pada pH 6 dan rasio 15:5, menghasilkan panjang gelombang maksimum pada 535 nm-540 nm. Analisis FTIR menunjukkan keberadaan gugus fungsi seperti hidroksil, karbonil, dan nitril yang berperan dalam proses reduksi dan stabilisasi nanopartikel emas. Selain itu, hasil PSA mengonfirmasi ukuran nanopartikel yang sesuai dengan standar (95,4 nm). Kesimpulan ini mendukung potensi besar metode *green synthesis* untuk aplikasi di bidang nanoteknologi.

5.2 Saran

1. Penambahan variasi dan metode penarikan hasil perlu diperbarui dan dilengkapi agar hasil sintesis lebih optimum.
2. Diperlukan langkah lanjut untuk penggunaan dan pengaplikasian AuNPs.

DAFTAR PUSTAKA

- Fahim, M., Shahzaib, A., Nishat, N., Jahan, A., Bhat, T. A., & Inam, A. (2024). Journal Prerf. JCIS Open, 100125. <https://doi.org/10.1016/j.jciso.2024.100125>
- Faramitha, Y., Dimawarnita, F., Prakoso, H. T., & Siswanto, S. (2022). Sintesis, karakterisasi, dan pengujian aktifitas antifungi nanopartikel perak – cysteine secara in vitro terhadap Ganoderma boninense. E-Journal Menara Perkebunan, 90(2), 81–89. <https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v90i2.501>
- Ibrahim, N. A., Eid, B. M., & Abdel-Aziz, M. S. (2016). Green synthesis of AuNPs for eco-friendly functionalization of cellulosic substrates. Applied Surface Science, 389, 118–125. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.07.077>
- Islam, B., Samir, D., Sara, C., & Janetta, N. (2024). Ocimum basilicum L. leaves extract-mediated green synthesis of MnO NPs: Phytochemical profile, characterization, catalytic and thrombolytic activities. Results in Surfaces and Interfaces, 17(September), 100284. <https://doi.org/10.1016/j.rsurfi.2024.100284>
- Kumalasari, M. R. (2018). Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Agen Pereduksi dan Penudung Serin sebagai Sarana Pendeteksi Al³⁺ dalam Air Alam. 15(29), 7577–7588. https://www.uam.es/gruposinv/meva/publicaciones/jesus/capitulos_espanyol_jesus/2005_motivacion_para_el_aprendizaje_Perspectiva_alumnos.pdf%0Ahttps://www.researchgate.net/profile/Juan_Aparicio7/publication/253571379_Los_estudios_sobre_el_cambio_conceptual_
- Kumalasari, M. R., Alfanaar, R., & Andreani, A. S. (2024). Gold nanoparticles (AuNPs): A versatile material for biosensor application. Talanta Open, 9(May), 100327. <https://doi.org/10.1016/j.talo.2024.100327>
- Kumar, R., Ghoshal, G., & Goyal, M. (2021). Effect of basil leaves extract on modified moth bean starch active film for eggplant surface coating. Lwt, 145(March), 111380. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111380>
- Lestari, G. A. D., Cahyadi, K. D., Esati, N. K., Suprihatin, I. E., & Ankamwar, B. (2022). Karakterisasi Green Synthesis Nanopartikel Emas (Npau) Menggunakan Ekstrak Air Biji Cengkeh. Jurnal Kimia, 16(1), 122. <https://doi.org/10.24843/jchem.2022.v16.i01.p16>

- Malis, E., Findari, H., & R, R. (2022). Pengaruh Waktu Reaksi dan Konsentrasi Natrium Sitrat Sebagai reduktor dan Capping agent (CA) pada Sintesis Dan Gold Nano Partikels (AuNPs). *Jurnal Crystal : Publikasi Penelitian Kimia Dan Terapannya*, 4(2), 65–74. <https://doi.org/10.36526/jc.v4i2.2507>
- Marfina, A., Cahyono, E., Mursiti, S., & Harjono. (2019). Sintesis Nanopartikel Emas Dengan Bioreduktor Minyak Atsiri Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*). *Indoneisian Journal Of Chemical Science*, 8(2), 126–132.
- Patra, S., Golder, A. K., & Uppaluri, R. V. (2023). Monodispersed AuNPs synthesized in a bio-based route for ultra selective colorimetric determination of Ni(II) ions. *Chemical Physics Impact*, 7(November). <https://doi.org/10.1016/j.chphi.2023.100388>
- Prasetyaningtyas, T., Prasetya, A. T., & Widiarti, N. (2020). Sintesis Nanopartikel Perak Termodifikasi Kitosan dengan Bioreduktor Ekstrak Daun Kemangi (*Ocimum Basilicum L.*) dan Uji Aktivitasnya sebagai Antibakteri. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 9(1), 37–43. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs/article/view/29927/15739>
- Pratiwi, Y., Yusmaniar, Y., & Nurhasanah, N. (2023). Biosynthesis of Poly Acrylic Acid (PAA) Modified Silver Nanoparticles, Using Basil Leaf Extract (*Ocimum basilicum L.*) for Heavy Metal Detection. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 8(3), 323. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v8i3.78641>
- Saputra, I., Suhartati, S., Yulizar, Y., & Sudirman. (2020). Synthesis and Characterization of Gold Nanoparticles (AuNPs) by Utilizing Bioactive Compound of *Imperata cylndrica L.* *Inajac.Lipi.Go.Id*, 22(1), 1–7.
- Shahrajabian, M. H., Sun, W., & Cheng, Q. (2020). Chemical components and pharmacological benefits of Basil (*Ocimum basilicum*): a review. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1961–1970. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1828456>
- Song, X., Wang, H., & Xu, X. (2022). Amikacin- and AuNP-mediated colorimetric biosensor for the rapid and sensitive detection of bacteria. *Lwt*, 172(November), 114189. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114189>
- Syukri, Y., Nugroho, B. H., Febriana, Y., Ningrum, A. wi K., & Maharani, G. A. (2020). Inovasi pengobatan antikanker payudara dari nanopartikel emas ekstrak daun tin (*Ficus carica L.*). *Khazanah Jurnal Mahasiswa*, 11(1), 1–9.

- Vorobyova, V., Skiba, M., Vinnichuk, K., & Vasyliiev, G. (2024). Synthesis of gold nanoparticles using plum waste extract with green solvents. *Sustainable Chemistry for the Environment*, 6(February), 100086. <https://doi.org/10.1016/j.scenv.2024.100086>
- 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. In *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia* 54 Juli (Vol. 4, Issue 2).
- 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>
- Bouttier-Figueroa, D. C., Loreto-Romero, M. A., Roldan, M. A., González-Gutiérrez, F. H., Cortez-Valadez, M., Flores-Acosta, M., & Robles-Zepeda, R. E. (2024a). Green synthesis of gold nanoparticles via *Moringa oleifera* seed extract: antioxidant, antibacterial and anticarcinogenic activity on lung cancer. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 59(5), 231–240. <https://doi.org/10.1080/10934529.2024.2366736>
- Bouttier-Figueroa, D. C., Loreto-Romero, M. A., Roldan, M. A., González-Gutiérrez, F. H., Cortez-Valadez, M., Flores-Acosta, M., & Robles-Zepeda, R. E. (2024b). Green synthesis of gold nanoparticles via *Moringa oleifera* seed extract: antioxidant, antibacterial and anticarcinogenic activity on lung cancer. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 59(5), 231–240. <https://doi.org/10.1080/10934529.2024.2366736>
- Devina Ummul Agniya Ravana, & Anggi Arumsari. (2022). Kajian Literatur Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan Ekstrak Tanaman. *Jurnal Riset Farmasi*, 59–65. <https://doi.org/10.29313/jrf.v2i1.848>
- El-Borady, O. M., Ayat, M. S., Shabrawy, M. A., & Millet, P. (2020). Green synthesis of gold nanoparticles using Parsley leaves extract and their applications as an alternative catalytic, antioxidant, anticancer, and antibacterial agents. *Advanced Powder Technology*, 31(10), 4390–4400. <https://doi.org/10.1016/j.appt.2020.09.017>

- Fariyah, N. I., & Taufikurohmah, T. (2024). Green Synthesis Gold Nanoparticles using Bioreductant Red Shoot Leaf Extract (*Syzygium myrtifolium* Walp.) and Activity as Antioxidant. *Jurnal Pijar Mipa*, 19(4), 746–752. <https://doi.org/10.29303/jpm.v19i4.7171>
- Indriyani, R., & Taufikurohmah, T. (2024). Green Synthesis of Gold Nanoparticles Using *Moringa oleifera* Leaf Extract Bioreductor (*Moringa oleifera* L.) and Activity Test as Antioxidant. *Jurnal Pijar Mipa*, 19(5), 881–887. <https://doi.org/10.29303/jpm.v19i5.7325>
- Iqbal, J., Abbasi, B. A., Mahmood, T., Kanwal, S., Ahmad, R., & Ashraf, M. (2019). Plant-extract mediated green approach for the synthesis of ZnONPs: Characterization and evaluation of cytotoxic, antimicrobial and antioxidant potentials. *Journal of Molecular Structure*, 1189, 315–327. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2019.04.060>
- Lestari, G. A. D., Cahyadi, K. D., Esati, N. K., Suprihatin, I. E., & Ankamwar, B. (2022a). KARAKTERISASI GREEN SYNTHESIS NANOPARTIKEL EMAS (NPAu) MENGGUNAKAN EKSTRAK AIR BIJI CENGKEH. *Jurnal Kimia*, 122. <https://doi.org/10.24843/jchem.2022.v16.i01.p16>
- Lestari, G. A. D., Cahyadi, K. D., Esati, N. K., Suprihatin, I. E., & Ankamwar, B. (2022b). KARAKTERISASI GREEN SYNTHESIS NANOPARTIKEL EMAS (NPAu) MENGGUNAKAN EKSTRAK AIR BIJI CENGKEH. *Jurnal Kimia*, 122. <https://doi.org/10.24843/jchem.2022.v16.i01.p16>
- Nadia Athiyyah Rahma, Hilda Aprilia Wisnuwardhani, & Anggi Arumsari. (2022). Studi Literatur Sintesis, Karakterisasi serta Kajian Aktivitas Antioksidan Nanopartikel Emas. *Bandung Conference Series: Pharmacy*, 2(2). <https://doi.org/10.29313/bcsp.v2i2.3265>
- Nancy Willian. (2022). One-step Green Sintesis Nanopartikel Emas : Potensi Ekstrak Mangrove Sebagai Marine Bioreduktor.
- Nurfadia, V. H., Wilapangga, A., Royani, S., S1, J., Klinis, F., Sekolah, K., Kesehatan, T., & Cipta, B. (2024). Green Synthesis Nanopartikel Perak (NPAg) Menggunakan Ekstrak Etanol 96% Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Sebagai Antibakteri. In *Journal Of Pharmacy* (Vol. 1, Issue 2).
- Oktavia, I. N., & Sutoyo, S. (2021). ARTICLE REVIEW: SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES USING BIOREDUCTOR FROM PLANT EXTRACT AS AN ANTIOXIDANT. In *UNESA Journal of Chemistry* (Vol. 10, Issue 1).