

**SINTESIS, KARAKTERISASI DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN
NANOPARTIKEL PERAK EKSTRAK KUNYIT (*Curcuma longa*)**

SKRIPSI

**Oleh:
SEKAR AULIA
NIM. 210602110069**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**SINTESIS, KARAKTERISASI DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN
NANOPARTIKEL PERAK EKSTRAK KUNYIT (*Curcuma longa*)**

SKRIPSI

**Oleh:
SEKAR AULIA
NIM. 210602110069**

**diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**SINTESIS, KARAKTERISASI DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN
NANOPARTIKEL PERAK EKSTRAK KUNYIT (*Curcuma longa*)**

SKRIPSI

Oleh:
SEKAR AULIA
NIM. 210602110069

telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal: 19 Juni 2025

Pembimbing I



Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul M., M.Si
NIP. 19710919 200003 2 001

Pembimbing II

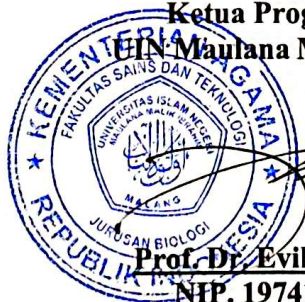


Prof. Dr. H. Munirul Abidin, M.Ag
NIP. 19720420 200212 1 003

Mengetahui,

Ketua Program Studi Biologi

H.N. Maulana Malik Ibrahim Malang



Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002

**SINTESIS, KARAKTERISASI DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN
NANOPARTIKEL PERAK EKSTRAK KUNYIT (*Curcuma longa*)**

SKRIPSI

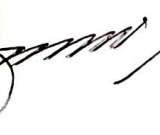
Oleh:
SEKAR AULIA
NIM. 210602110069

telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai salah satu
persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.)
Tanggal: 19 Juni 2025

Ketua Penguji : Prof. Dr. Retno Susilowati, M.Si
NIP. 19671113 199402 2 001
Anggota Penguji I : Fitriyah, M.Si
NIP. 19860725 201903 2 013
Anggota Penguji II : Prof. Dr. drh. Bayyinatul, M, M.Si
NIP. 19710910 200003 2 001
Anggota Penguji III : Prof. Dr. H. Munirul Abidin, M.Ag
NIP. 19720420 200212 1 003

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Biologi
UIN Maulana Malik Ibrahim Malang


Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan untuk semua pihak yang telah mendukung penulis dalam penyusunan, khususnya:

1. Cinta pertama dan panutan saya, Ayahanda Muhammad Said dan pintu surga saya, Ibunda Nadifah. Terima kasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang diberikan. Ayah dan Ibu mampu senantiasa memberikan yang terbaik, tak kenal lelah, mendoakan serta memberikan perhatian dan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai meraih gelar sarjana.
2. Kakak dan adik tercinta, Alifia Dewi dan Fawwaz Luqmanul Hakim yang selalu menghibur, memberikan doa dan semangat kepada penulis.
3. Dr. Dwi Suheriyanto, S.Si, M.P selaku dosen wali yang telah memberikan arahan dan motivasi selama masa studi.
4. Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul M., M.Si dan Prof. Dr. H. Munirul Abidin, M.Ag selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, serta ilmu untuk memberikan bimbingan kepada penulis dengan penuh kesabaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
5. Teman-teman “Tadika Mesra” yang selalu kebersamai selama masa perkuliahan ini. Terima kasih atas pengalaman, waktu, dan ilmu yang telah kita jalani bersama-sama.
6. Teman-teman BICTWENTION 2021 yang selalu memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan studi ini dengan baik.
7. Seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, Muhammad Richo Satria Maulana. Terima kasih atas segala dukungan, semangat serta telah menjadi tempat berkeluh kesah, selalu ada dalam suka maupun duka selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih telah atas doa, waktu, doa yang senantiasa dilantikan, dan seluruh hal baik yang diberikan selama ini.
8. Diri sendiri yang telah bertahan hingga saat ini dengan segala rasa tidak percaya terhadap diri sendiri namun tetap mengingat bahwa setiap langkah kecil yang telah diambil adalah bagian dari perjalanan. Terima kasih sudah memilih berusaha sampai titik ini. Terima kasih karena telah mengambil keputusan untuk tidak menyerah dalam keadaan sesulit apapun dan mampu menyelesaikan skripsi ini sebaik dan semaksimal mungkin.

Sekian lembar persembahan yang sederhana ini, semoga karya ini dapat bermanfaat khususnya bagi saya sendiri dan orang lain. Kebesaran dan kesempurnaan hanya milik Tuhan semesta Alam Allah SWT. Kekurangan dan kelemahan sudah menjadi kodrat dari hambaNya. *Wallahua'lam.*

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sekar Aulia
NIM : 210602110069
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul penelitian : Sintesis, Karakterisasi dan Aktivitas Antioksidan
Nanopartikel Perak Ekstrak Kunyit (*Curcuma longa*)

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

Malang, 2 Juli 2025

Yang membuat pernyataan



Sekar Aulia

NIM. 210602110069

HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

SINTESIS, KARAKTERISASI DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN NANOPARTIKEL PERAK EKSTRAK KUNYIT (*Curcuma longa*)

Sekar Aulia, Bayyinatul Muchtaromah, Munirul Abidin

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri
Maulana Malik Ibrahim

ABSTRAK

Kunyit (*Curcuma longa* L.) merupakan tanaman rimpang tahunan yang tumbuh pada iklim tropis seperti Indonesia yang memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder yang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman obat. Metabolit sekunder pada kunyit, seperti kurkumin dan flavonoid memiliki aktivitas antioksidan yang signifikan dan aktivitas tersebut dapat meningkat ketika disintesis bersama nanopartikel perak melalui proses reduksi AgNO_3 menggunakan ekstrak kunyit sebagai bioreduktor. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sintesis nanopartikel perak ekstrak kunyit, karakterisasi ukuran dan gugus fungsi partikel serta aktivitas antioksidan nanopartikel perak ekstrak kunyit. Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif eksploratif dengan parameter biosintesis nanopartikel perak (AgNPs), karakterisasi ukuran partikel, karakterisasi gugus fungsi, dan uji aktivitas antioksidan. Penelitian ini menggunakan simplisia rimpang kunyit yang dimaserasi, lalu disintesis menjadi nanopartikel perak. Karakterisasi senyawa nanopartikel meliputi ukuran dan gugus fungsi menggunakan PSA (*Particle Size Analyzer*) dan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*), sedangkan aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil). Ekstraksi kunyit menggunakan 500 ml etanol 96% yang ditambahkan pada 100 gr serbuk kunyit. Sintesis nanopartikel perak menggunakan 20 ml ekstrak kunyit dan 1 mM AgNO_3 dalam 80 ml aquabides. Produk hasil sintesis kemudian dikarakterisasi meliputi ukuran partikel dengan menggunakan PSA dan gugus fungsi dengan menggunakan FTIR. Aktivitas antioksidan menggunakan DPPH dengan pembanding asam askorbat sebagai kontrol positif. Hasil PSA menunjukkan bahwa nanopartikel perak ekstrak kunyit memiliki ukuran 146,78 nm. Hasil identifikasi gugus fungsi FTIR pada nanopartikel perak ekstrak kunyit diperoleh bilangan gelombang 3274,67 cm^{-1} , 2841,16 cm^{-1} , 1636,63 cm^{-1} , 1448,02 cm^{-1} , 1109,23 cm^{-1} , dan 1014,79 cm^{-1} yang merupakan pola serapan gugus fungsi khas kurkumin yaitu O-H, C-H, C=O, C=C, C-O-C, dan C-O-C. Nilai aktivitas antioksidan termasuk kategori sangat kuat dengan IC_{50} 27,22 ppm.

Kata kunci: Nanopartikel, *Curcuma longa*, Antioksidan, Karakterisasi

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF SILVER NANOPARTICLES OF TURMERIC EXTRACT (*Curcuma longa*)

Sekar Aulia, Bayyinatul Muchtaromah, Munirul Abidin

Biology Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik
Ibrahim State Islamic University

ABSTRACT

Turmeric (*Curcuma longa* L.) is an annual rhizome plant that grows in tropical climates such as Indonesia which contains secondary metabolite compounds that can be used as medicinal plants. Secondary metabolites in turmeric, such as curcumin and flavonoids have significant antioxidant activity and these activities can be increased when synthesized together with silver nanoparticles through the AgNO₃ reduction process using turmeric extract as a bioreducer. The purpose of this study is to determine the synthesis of silver nanoparticles of turmeric extract, the characterization of the size and function groups of the particles and the antioxidant activity of the silver nanoparticles of turmeric extract. This study is a type of exploratory descriptive research with parameters of silver nanoparticles (AgNPs), particle size characterization, functional group characterization, and antioxidant activity test. This study used simplicia of macerated turmeric rhizomes, then synthesized into silver nanoparticles. The characterization of nanoparticle compounds included size and functional groups using PSA (*Particle Size Analyzer*) and FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*), while antioxidant activity used the DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil) method. Turmeric extraction uses 500 ml of 96% ethanol added to 100 gr of turmeric powder. Synthesis of silver nanoparticles using 20 ml of turmeric extract and 1 mM of AgNO₃ in 80 ml of aquabidese. The synthesized products were then characterized including particle size using PSA and functional groups using FTIR. Antioxidant activity uses DPPH with ascorbic acid comparator as a positive control. The PSA results showed that the silver nanoparticles of turmeric extract had a size of 146.78 nm. The results of FTIR function group identification on turmeric extract silver nanoparticles were obtained wave numbers of 3274.67 cm⁻¹, 2841.16 cm⁻¹, 1636.63 cm⁻¹, 1448.02 cm⁻¹, 1109.23 cm⁻¹, and 1014.79 cm⁻¹ which are the absorption patterns of curcumin typical functional groups, namely O-H, C-H, C=O, C=C, C-O-C, and C-O-C. The value of antioxidant activity belongs to the very strong category with an IC₅₀ of 27.22 ppm.

Keywords: Nanoparticles, *Curcuma longa*, Antioxidants, Characterization

توليف وتوصيف وأنشطة مضادات الأكسدة في جسيمات النانو الفضية المستخلصة من الكركم (*Curcuma longa*)

سكار\عوليا، باييناتول مختاروماه، منيرول أبيدين

قسم علم الأحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية

ملخص

الكركم (*Curcuma longa* L.) هو نبات جذمور سنوي ينمو في المناخات الاستوائية مثل إندونيسيا والذي يحتوي على مركبات مستقلب ثانوية يمكن استخدامها كنباتات طبية. المستقلبات الثانوية في الكركم ، مثل الكركمين والفلافونويد لها نشاط كبير مضاد للأكسدة ويمكن زيادة هذه الأنشطة عند تصنيعها مع جزيئات الفضة النانوية من خلال عملية اختزال $AgNO_3$ باستخدام مستخلص الكركم كمخفض حيوي. الغرض من هذه الدراسة هو تحديد تخليق جزيئات الفضة النانوية من مستخلص الكركم ، وتوصيف مجموعات حجم ووظيفة الجسيمات والنشاط المضاد للأكسدة لجزيئات الفضة النانوية في مستخلص الكركم. هذه الدراسة هي نوع من البحث الوصفي الاستكشافي مع معلمات الجسيمات النانوية للفضة (AgNPs) ، وتوصيف حجم الجسيمات ، وتوصيف المجموعة الوظيفية ، واختبار النشاط المضاد للأكسدة. استخدمت هذه الدراسة بسيطا من جذور الكركم المتبلّة ، ثم تم تصنيعها في جزيئات نانوية من الفضة. تضمن توصيف مركبات الجسيمات النانوية الحجم والمجموعات الوظيفية باستخدام PSA (محلل حجم الجسيمات) و FTIR (تنظير الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه) ، بينما استخدم النشاط المضاد للأكسدة طريقة DPPH (1،1-diphenyl-2-picrylhydrazyl). يستخدم استخراجه الكركم 500 مل من 96% إيثانول مضاف إلى 100 غرام من مسحوق الكركم. تخليق جزيئات الفضة النانوية باستخدام 20 مل من مستخلص الكركم و 1 ملي من $AgNO_3$ في 80 مل من أكوابايد. ثم تم تمييز المنتجات المركبة بما في ذلك حجم الجسيمات باستخدام PSA والمجموعات الوظيفية باستخدام FTIR. يستخدم النشاط المضاد للأكسدة DPPH مع مقارنة حمض الأسكوربيك كعنصر تحكم إيجابي. أظهرت نتائج PSA أن جزيئات الفضة النانوية من مستخلص الكركم كان حجمها 146.78 نانومتر. تم الحصول على نتائج تحديد مجموعة وظائف FTIR على جزيئات الفضة النانوية لمستخلص الكركم بأرقام موجية 3274.67 سم⁻¹ ، 2841.16 سم⁻¹ ، 1636.63 سم⁻¹ ، 1448.02 سم⁻¹ ، 1109.23 سم⁻¹ ، و 1014.79 سم⁻¹ وهي أنماط امتصاص المجموعات الوظيفية النموذجية للكركمين ، وهي O-H ، C-H ، C=O ، C-O-C ، و O . تنتمي قيمة النشاط المضاد للأكسدة إلى الفئة القوية جدا مع IC50 من 27.22 جزء في المليون.

الكلمات الدالة: الجسيمات النانوية ، الكركم/الطويل ، مضادات الأكسدة ، التوصيف

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kehadiran Allah subhaanahu wata'ala karena atas limpahan rahmat dan inayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Sintesis, Karakterisasi dan Aktivitas Antioksidan Nanopartikel Perak Ekstrak Kunyit (*Curcuma longa*)”. Shalawat dan salam tak lupa pula penulis haturkan kepada Nabi besar Muhammad shallallahu 'alaihi wasallam yang telah membawa umat islam dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang. Penulis memahami bahwa penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan semua pihak yang terlibat. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA., selaku Rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Hj. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P., selaku Ketua Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si dan Prof. Dr. H. Munirul Abidin, M.Ag selaku dosen pembimbing I dan II yang telah penuh dedikasi membimbing, memberikan arahan, serta dukungan selama penyusunan skripsi ini, sehingga saya dapat menyusun skripsi ini dengan baik.
5. Prof. Dr. Retno Susilowati, M.P. dan Fitriyah, M.Si, selaku penguji yang telah memberikan banyak masukan dan saran membangun.
6. Seluruh dosen Program Studi Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan segenap ilmu, perhatian, dan pengalaman berharga kepada penulis.
7. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik berupa materil maupun moril.

Penulis menyadari banyaknya kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Penulis berharap penyusunan laporan ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Malang, 2 Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
ملخص.....	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	10
1.3 Tujuan Penelitian.....	10
1.4 Manfaat Penelitian.....	11
1.5 Batasan Masalah.....	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1 Tumbuhan dan Pemanfaatannya sebagai Obat dalam Perspektif Islam	12
2.2 Tanaman Kunyit (<i>Curcuma longa</i> L.).....	16
2.2.1 Klasifikasi tanaman kunyit (<i>Curcuma longa</i> L.)	16
2.2.2 Morfologi tanaman kunyit (<i>Curcuma longa</i>)	17
2.2.3 Habitat dan persebaran tanaman kunyit (<i>Curcuma longa</i>).....	18
2.2.4 Kandungan senyawa aktif tanaman kunyit (<i>Curcuma longa</i>)	19
2.2.5 Manfaat dan kegunaan tanaman kunyit (<i>Curcuma longa</i>)	21
2.3 Nanopartikel.....	22
2.3.1 Definisi nanopartikel	22
2.3.2 Klasifikasi sintesis Nanopartikel	23
2.3.3 Metode biologi atau biosintesis	26
2.3.4 Mekanisme biosintesis nanopartikel perak (AgNPs).....	27
2.4 Ekstraksi.....	28
2.4.1 Definisi ekstraksi.....	28
2.4.2 Pelarut ekstraksi.....	29
2.5 Metode Ekstraksi.....	30
2.5.1 Maserasi.....	30
2.6 Karakterisasi Senyawa Nanopartikel Perak Kunyit (<i>Curcuma longa</i>) 31	
2.6.1 FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>).....	31

2.6.2 PSA (<i>Particle Size Analyzer</i>).....	34
2.6.3 DLS (<i>Dynamic Light Scattering</i>).....	35
2.6.4 XRD (<i>X-ray Diffraction</i>)	36
2.6.5 TEM (<i>Transmission Electron Microscopy</i>).....	36
2.6.6 SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>).....	37
2.7 Antioksidan	37
2.7.1 Definisi antioksidan.....	37
2.7.2 Pengelompokan antioksidan	38
2.7.3 Mekanisme antioksidan	39
2.7.4 Sumber antioksidan	41
2.8 Antioksidan dari Tanaman Kunyit (<i>Curcuma longa</i>)	43
2.9 Metode Uji Aktivitas Antioksidan	44
2.9.1 DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil)	44
2.9.2 ABTS (2,2-azinobis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonat).....	45
2.9.3 FRAP (<i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i>)	45
2.10 Nilai IC ₅₀ pada Pengujian Aktivitas Antioksidan	46
BAB III METODE PENELITIAN	47
3.1 Jenis Penelitian.....	47
3.2 Waktu dan Tempat	47
3.3 Variabel Penelitian	48
3.4 Alat dan Bahan.....	48
3.4.1 Alat	48
3.4.2 Bahan.....	48
3.5 Prosedur Penelitian.....	49
3.5.1 Preparasi Simplisia Kunyit (<i>Curcuma longa</i>)	49
3.5.2 Ekstraksi Simplisia Kunyit (<i>Curcuma longa</i>)	49
3.5.3 Sintesis Nanopartikel Perak (AgNP) Kunyit (<i>Curcuma longa</i>) ..	49
3.5.4 Karakterisasi Fisik Menggunakan PSA.....	50
3.5.5 Karakterisasi Gugus Fungsi Menggunakan FT-IR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>)	50
3.5.6 Uji Aktivitas Antioksidan.....	51
3.6 Analisis Data	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Hasil Sintesis Nanopartikel Perak Ekstrak Kunyit	54
4.2 Analisis Ukuran Partikel Menggunakan PSA	55
4.3 Analisis Gugus Fungsi Menggunakan FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>).....	58
4.4 Analisis Aktivitas Antioksidan	66
4.5 Pemanfaatan Nanopartikel Perak Ekstrak Kunyit sebagai Obat dalam Perspektif Islam.....	71
BAB V PENUTUP	77
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran.....	77

DAFTAR PUSTAKA.....	78
LAMPIRAN.....	89

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Kategori aktivitas antioksidan.....	53
4.1 Analisis <i>z-average</i> dan indeks polidispersitas (PDI) nanopartikel perak <i>Curcuma longa</i>	57
4.2 Gugus fungsi yang terkandung dalam nanopartikel perak <i>Curcuma longa</i> , ekstrak <i>Curcuma longa</i> , dan AgNO ₃ menggunakan FTIR.....	59
4.3 Hasil IC ₅₀ antioksidan nanopartikel perak <i>Curcuma longa</i> , ekstrak <i>Curcuma longa</i> , dan asam askorbat	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Rimpang kunyit (<i>Curcuma longa</i>)	15
2.2 Tanaman kunyit (<i>Curcuma longa</i>) di habitat alami.....	18
2.3 Struktur kimiawi fitokonstituen yang terdapat pada <i>Curcuma longa</i>	20
2.4 Skema <i>top-down</i> dan <i>bottom-up</i>	24
2.5 Klasifikasi metode sintesis nanopartikel	25
2.6 Sintesis hijau nanopartikel perak (AgNps) menggunakan ekstrak <i>Curcuma longa</i>	26
2.7 Biosintesis nanopartikel	27
2.8 Diagram skematik FTIR.....	32
2.9 Spektrum FTIR, a) ekstrak daun salam, b) nanopartikel perak	33
2.10 Ilustrasi penghamburan sinar oleh partikel sampel.....	35
4.1 Hasil biosintesis ekstrak simplisia kunyit dan perak nitrat AgNO ₃ , (a) sebelum terjadi reaksi, dan (b) setelah reaksi pembentukan nanopartikel.....	54
4.2 Analisis PSA nanopartikel perak <i>Curcuma longa</i> berdasarkan ukuran dispersi berdasarkan volume	55
4.2 Spektra FTIR representatif dari nanopartikel perak <i>Curcuma longa</i> , AgNO ₃ , dan ekstrak <i>Curcuma longa</i>	58

DAFTAR LAMPIRAN

1. Rancangan Penelitian	89
2. Persiapan Sampel	89
3. Perhitungan Pembuatan Larutan AgNO ₃ 1 mM	91
4. Perhitungan Pembuatan Larutan Uji Aktivitas Antioksidan	91
5. Hasil Uji Aktivitas Nanopartikel Perak, Ekstrak <i>C. Longa</i> , dan Asam Askorbat	94
6. Kurva Regresi Linier Aktivitas Antioksidan Nanopartikel Perak, Ekstrak <i>C. Longa</i> , dan Asam Askorbat	94
7. Identifikasi Ukuran Nanopartikel Perak Menggunakan PSA (<i>Particle Size Analyzer</i>)	95
8. Identifikasi Gugus Fungsi Nanopartikel Perak, Ekstrak <i>C. Longa</i> , dan AgNO ₃ Menggunakan FTIR	96
9. Dokumentasi Penelitian	97

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penduduk Indonesia sejak zaman dahulu kala telah menggunakan bahan-bahan alami untuk memenuhi kebutuhan dasar mereka. Tanaman obat adalah salah satu produk alam yang telah dikembangkan dan digunakan sebagai obat tradisional untuk mengobati berbagai penyakit. *World Health Organization* (WHO) merekomendasikan penggunaan obat tradisional, termasuk obat herbal, untuk menjaga kesehatan masyarakat, mencegah, dan mengobati penyakit, terutama penyakit yang belum ditemukan obatnya, seperti penyakit kronis, degeneratif, dan kanker (Permatananda *et al.*, 2020). Indonesia adalah negara dengan keanekaragaman hayati obat yang kaya. Tanaman kunyit (*Curcuma longa*) merupakan salah satu tanaman obat yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia (Nidom *et al.*, 2023).

Kunyit (*Curcuma longa* L.) adalah tanaman rimpang tahunan yang termasuk dalam keluarga Zingiberaceae. Kunyit secara tradisional digunakan sebagai obat dan rempah-rempah di India. Kunyit dalam pengobatan India digunakan secara internal (sebagai obat sakit perut, tonik, dan pemurni darah) dan eksternal (pencegahan dan pengobatan penyakit kulit) (Kulyal *et al.*, 2021). Warna kuning pada daging buah kunyit disebabkan oleh kurkumin yang merupakan komponen bioaktif dari metabolit sekunder kunyit. Kurkumin memiliki aktivitas dan potensi terapeutik yang besar, terutama sebagai antiinflamasi, antioksidan biologis, antikarsinogenik, antimutagenik, antikoagulan, antifertilitas, antidiabetes,

antibakteri, antijamur, antiprotozoa, antivirus, antifibrotik, anti racun, dan agen hipokolesterolemik (Kusbiantoro & Purwaningrum, 2018).

Aktivitas biologis kunyit berspektrum luas sehingga dapat dimanfaatkan sebagai obat untuk berbagai jenis penyakit yang selaras dengan tinjauan perspektif Islam dalam Al-Quran Surah Al-An'am ayat 99 yang berbunyi:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ
خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ
أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ ۚ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۚ إِنَّ
فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ

Artinya: "Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman".

Penafsiran ayat tersebut menurut Ath-Thabari (2009) adalah Allah SWT menyatakan, "Dialah Allah yang telah menurunkan air dari langit. فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ makna firman Allah SWT adalah, "Kami mengeluarkan dengannya sesuatu yang menjadikan lainnya berkembang." Firman Allah SWT, فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا artinya adalah, "Lalu dari air itu Kami mengeluarkan tumbuhan yang hijau segar." إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ Allah SWT menyatakan, "Dalam semua itu, yakni ketika Allah SWT menurunkan air hujan dari langit, yang dengannya bahan-bahan pertumbuhan keluar. Ketika kalian memperhatikan buah yang keluar, lantas menjadi matang,

serta ketika kalian melihat ragam bentuk dan warnanya, kalian akan mengetahui bahwa ada pengaturnya yang tidak serupa bagi-Nya, dan hanya Dia yang berhak disembah.” Keanekaragaman makhluk hidup di bumi ini agar dikelola oleh manusia baik dari segi pemanfaatannya dan Allah mengajarkan bagaimana agar manusia harus selalu ingat untuk bersyukur kepada Allah. Kandungan dan manfaat salah satu bahan alam yang digunakan sebagai obat tradisional adalah rimpang tanaman kunyit (*Curcuma longa*) yang mengandung senyawa-senyawa aktif.

Kunyit mengandung beberapa senyawa yang terkait secara kimiawi, yang dikenal sebagai kurkuminoid dengan konsentrasi yang bervariasi dari 3-5%. Kurkuminoid yang paling melimpah dan aktif secara biologis adalah kurkumin sebesar 60-70% (Lorenzo *et al.*, 2023). Kurkumin adalah campuran dari tiga senyawa, yaitu *diferuloylmethane* (77%), *demethoxycurcumin* (18%) dan *bisdemethoxycurcumin* (5%). Kurkuminoid mudah larut dalam pelarut organik (dimetilsulfoksida, etanol, aseton, dan lain-lain), tetapi tidak mudah larut dalam air (Islam *et al.*, 2019).

Penyebab rendahnya bioavailabilitas kurkumin dikarenakan senyawa tersebut hampir tidak larut dalam air pada pH asam dan netral sehingga sulit sekali terabsorpsi. Cara untuk mengatasi masalah tersebut dengan penyatuan kurkuminoid ke dalam sistem koloid pembawa (*colloidal carrier system*) membentuk sediaan nanopartikel kurkuminoid. Nanopartikel lemak padat memiliki sifat yang unik, yaitu ukurannya kecil, luas permukaan besar, dan kapasitas pemuatan obat yang tinggi (Ambarsari *et al.*, 2019).

Kelarutan yang rendah dalam air, kecenderungan untuk terurai dalam saluran pencernaan pada kondisi fisiologis, tingkat metabolisme yang tinggi, dan eliminasi sistemik yang cepat merupakan alasan rendahnya bioavailabilitas. Oleh karena itu, untuk memanfaatkan potensi manfaat senyawa ini maka pembentukan kompleks kurkumin dengan perak telah diteliti (Paul *et al.*, 2019). Oleh karena itu, modifikasi dalam bentuk perak nanopartikel kurkumin untuk meningkatkan sifat kelarutan dari kurkumin (Nidianti, 2021). Partikel nanopartikel perak (AgNPs) dapat memiliki sifat fisik yang dapat diatur dengan melapisi lapisan luarnya menggunakan kelompok fungsional, seperti pengatur kelarutan (El Khoury *et al.*, 2015). Nanopartikel merupakan suatu partikel berukuran nano sekitar 1-1000 nm. Jenis nanopartikel saat ini umum digunakan dalam sintesis seperti nanopartikel emas, perak, besi, zink, dan logam oksida (Fabiani *et al.*, 2018).

Nanopartikel perak adalah logam yang memiliki berbagai sifat fisik, kimia, dan biologis termasuk konduktivitas listrik, konduktivitas termal yang tinggi, sifat optik, aktivitas katalitik non-linear, karakteristik biokimia (Dhaka *et al.*, 2023), antioksidan, pengobatan luka, dan sel surya (Septriani & Muldarisnur, 2022). Logam yang umum digunakan dalam sintesis nanopartikel salah satunya adalah perak (Ag) (Karim *et al.*, 2022). Ion logam yang umum digunakan dalam penelitian adalah AgNO_3 (perak nitrat) (Dwiastuti *et al.*, 2022). Perak nitrat merupakan prekursor serbaguna karena relatif stabil terhadap cahaya dan mudah dilarutkan dalam berbagai pelarut termasuk air (Septriani & Muldarisnur, 2022). Sifat-sifat nanomaterial sangat bergantung pada ukuran dan bentuk nanopartikel perak, interaksinya dengan stabilisator dan media di sekitarnya, serta proses pembuatan

sehingga sintesis yang terkontrol merupakan tantangan utama untuk mencapai karakteristik nanopartikel yang lebih baik dalam penerapannya (Khodashenas & Ghorbani, 2014).

Proses sintesis nanopartikel dapat terjadi dengan metode *top-down* (fisika) dan metode *bottom-up* (kimia). Namun, penerapan kedua metode ini memerlukan biaya yang cukup besar dan menimbulkan risiko yang merugikan lingkungan (Kasim *et al.*, 2022). Pendekatan “*green chemistry*” terhadap sintesis nanopartikel perak memiliki beberapa keuntungan yaitu waktu reaksi yang cepat (menghemat waktu), menghemat biaya dan ramah lingkungan (La Tapa *et al.*, 2016).

Karakterisasi partikel yang tepat diperlukan setelah sintesis karena sifat fisikokimia suatu partikel dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap sifat biologisnya. Penyelesaian masalah keamanan dalam menggunakan seluruh potensi dari setiap bahan nano untuk tujuan kesejahteraan manusia dalam nanomedisin, atau dalam industri perawatan kesehatan, dan lain-lain perlu untuk mengkarakterisasi nanopartikel yang disiapkan sebelum digunakan. Ciri khas material nano, seperti ukuran, bentuk, distribusi ukuran, luas permukaan, bentuk, kelarutan, agregasi, dan lain-lain perlu dievaluasi sebelum menilai toksisitas atau biokompatibilitas. Spektroskopi FTIR sering digunakan untuk mengetahui apakah biomolekul terlibat dalam sintesis nanopartikel (Zhang *et al.*, 2016).

FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) merupakan teknik yang menjanjikan untuk kuantifikasi kurkuminoid karena kemampuannya dalam menyediakan teknik analisis yang cepat dan ramah lingkungan, dengan langkah preparasi sampel yang minimum (Wulandari *et al.*, 2018). Karakterisasi fisikokimia

yang memengaruhi stabilitas fisik, penyerapan seluler, biodistribusi, dan pelepasan obat yang dienkapsulasi dalam plasma sangat penting setelah nanopartikel diformulasikan. Oleh karena itu, nanopartikel kurkumin memiliki ukuran kecil dan sesuai serta muatan permukaan yang tinggi dapat meningkatkan waktu obat agar bertahan lama di dalam tubuh, menghindari sistem retikulo endotel (RES) dan menyebabkan peningkatan kadar jaringan (Jithan *et al.*, 2011). Hasil FTIR dari sampel nanopartikel perak menunjukkan bahwa hasil sintesis berupa pergeseran gugus -OH yang terdapat pada senyawa fenolik yang bertanggung jawab terhadap reduksi ion perak menjadi nanopartikel perak yang stabil dan pada saat yang sama gugus fenol teroksidasi membentuk gugus keton (Risana *et al.*, 2024).

Sifat elektronik dan optik nanopartikel perak sangat bergantung pada ukuran dan bentuk (Gurunathan, 2009). Ukuran partikel dan distribusi ukuran nanopartikel dapat ditentukan dengan menggunakan berbagai peralatan yang tersedia secara komersial (Akbari *et al.*, 2011). PSA (*Particle Size Analyzer*) merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk pengujian distribusi ukuran partikel berukuran nanometer. Prinsip pengukuran alat PSA ini berdasarkan pada hamburan cahaya laser oleh partikel-partikel dalam sampel. Metode ini dinilai lebih akurat dibandingkan dengan metode analisa gambar seperti SEM dan TEM karena menggunakan cahaya laser sebagai media informasi terhadap pengukuran objek (partikel) dan waktu pengukuran yang lebih cepat (Nuraeni *et al.*, 2013).

Konsentrasi dan perbandingan volume zat reaktan, durasi reaksi, suhu, dan pH semuanya mempengaruhi laju sintesis, ukuran, dan bentuk partikel nano (NPs), terlepas dari teknik yang digunakan untuk sintesis AgNPs. Faktor-faktor ini dapat

diubah untuk mengatur morfologi, efisiensi, dan aplikasi NPs, serta ukuran, bentuk, dan morfologi keseluruhan NPs. Karakterisasi NPs dilakukan dengan berbagai teknik pengukuran, seperti spektroskopi FTIR dan *Particle Size Analyzer* (PSA). NPs dikarakterisasi berdasarkan ukuran, bentuk, kristalinitas, potensial zeta, ukuran partikel, luas permukaan, porositas, kelarutan, agregasi, potensi adsorpsi, dan dimensi fraktal. FTIR adalah metode untuk menyelidiki peran fitokimia dalam reduksi dan stabilisasi AgNPs, termasuk flavonoid, terpenoid, alkaloid, asam fenolik, dan protein. Kelompok organik aktif seperti $-OH$, $-NH_2$, dan $-CHO$ dioksidasi oleh ion perak dalam ekstrak tanaman. PSA digunakan untuk menentukan ukuran partikel, mengukur muatan permukaan NPs, dan stabilitas dispersi partikel dalam larutan (Dhaka *et al.*, 2023).

Produk alami dengan aktivitas antioksidan telah dianggap sebagai kandidat terapi yang mungkin untuk gangguan yang berhubungan dengan stres oksidatif. Kandungan polifenol, flavonoid, tanin, dan asam askorbat yang tinggi, dengan menggunakan aktivitas penangkap radikal bebas yaitu DPPH, varietas *Curcuma longa* dianggap sebagai sumber antioksidan alami yang terbukti secara ilmiah (Memarzia *et al.*, 2021). DPPH (1,1- difenil-2-pikrihidazil) merupakan senyawa radikal bebas yang stabil sehingga apabila digunakan sebagai pereaksi dalam uji penangkapan radikal bebas cukup dilarutkan dan bila disimpan dalam keadaan kering dengan kondisi penyimpanan yang baik dan stabil selama bertahun-tahun. Nilai absorbansi DPPH berkisar antara 515-520 nm (Tristantini *et al.*, 2016). Keunggulan metode ini terletak pada kemudahan penggunaan, tingkat sensitivitas

yang tinggi, dan kemampuannya untuk menganalisis sampel dalam jumlah besar dalam waktu singkat (Hidayah *et al.*, 2024).

Ekstrak kunyit mengandung berbagai senyawa kurkuminoid yang memiliki ukuran dan bentuk yang berbeda-beda. Keragaman ukuran dan bentuk ini memungkinkan kurkuminoid berinteraksi dan menetralkan berbagai jenis radikal bebas. Nanopartikel dengan permukaan bermuatan positif cenderung memiliki aktivitas antioksidan yang lebih kuat dibandingkan nanopartikel dengan permukaan bermuatan negatif. Hal ini karena nanopartikel bermuatan positif dapat menarik dan menetralkan radikal bebas dengan lebih efisien sehingga nanopartikel dapat berinteraksi dengan sistem biologis secara kompleks. Ekstrak *C. longa* kurang efektif sebagai antioksidan dibandingkan dengan nanopartikel disebabkan oleh ukuran dan bentuk partikel dapat mempengaruhi aktivitas antioksidan. Partikel yang lebih besar memiliki luas permukaan yang lebih kecil sehingga memungkinkan untuk berinteraksi dan menangkap radikal bebas kurang efisien (Ghoniem *et al.*, 2024).

Curcuma longa AgNPs menunjukkan aktivitas antioksidan yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan ekstrak *C. longa*. Efektivitas antioksidan *C. longa* AgNPs serupa dengan asam askorbat. Efektivitas antioksidan *C. longa* AgNPs melebihi ekstrak *C. longa*, kemungkinan disebabkan oleh adanya komponen fenolik dan kimia pada permukaan nanopartikel perak (Suwal *et al.*, 2025).

Penelitian sebelumnya oleh Widiyanti *et al.* (2020) menunjukkan bahwa AgNP dari *Curcuma longa* yang terbentuk paling besar berukuran 21 nm pada

konsentrasi 23% untuk hasil PSA AgNO₃ dan hasil uji FTIR menunjukkan bahwa terbentuk gugus -CH₂COOH pada bilangan gelombang 1404,18 cm⁻¹. Penelitian oleh Avanti *et al.* (2023) menunjukkan bahwa PSA AgNP *Curcuma longa* hasil sintesis memiliki rata-rata ukuran partikel sebesar 623,0 nm dan nilai indeks polidispersitas sebesar 0,00872 dan analisis *Curcuma longa* menggunakan FT-IR pada ekstrak etanol rimpang kunyit dan AgNP menunjukkan serapan pada bilangan gelombang 3337,83103 cm⁻¹ yang mengindikasikan adanya gugus OH dan gugus OH yang mengindikasikan adanya zat penstabil. Penelitian sebelumnya oleh Segneanu *et al.* (2024) menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan yang secara signifikan lebih tinggi pada *phytocarrier* (Curcuma-AgNPs) dengan nilai 4.19 ± 0.06 ppm dibandingkan dengan IC₅₀ *Curcuma longa* 7.98 ± 0.12 ppm. Hal ini sejalan dengan penelitian Suwal (2025) yang menunjukkan bahwa nilai IC₅₀ untuk AgNPs *C. longa* AgNPs jauh lebih rendah, yaitu 19,972 ± 0,148 µg/ml, dibandingkan dengan ekstrak *C. longa* yang sebesar 63,262 ± 0,928 µg/ml. Hal ini menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih kuat pada AgNPs.

Kemajuan dalam penggunaan nanopartikel perak dalam bidang sains dan teknologi mencerminkan potensi besar teknologi nanopartikel untuk mengubah industri kesehatan dengan produk yang lebih efektif dan inovatif untuk pengobatan berbagai jenis penyakit. Nanopartikel perak yang terikat pada ekstrak rimpang kunyit (*Curcuma longa*) merupakan salah satu bahan inovatif untuk pengobatan penyakit karena memiliki beberapa senyawa kompleks yang dapat digunakan sebagai pengembangan jenis obat baru. Senyawa-senyawa tersebut memiliki fungsi terhadap kesehatan jika diolah dengan cara sintesis dan karakterisasi yang sesuai

sehingga memperoleh hasil yang maksimal. Oleh karena itu, penelitian tentang sintesis, karakterisasi dan aktivitas antioksidan nanopartikel perak kunyit (*Curcuma longa*) penting untuk dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakterir warna sintesis nanopartikel perak menggunakan bahan pereduksi kunyit (*Curcuma longa*)?
2. Berapa ukuran nanopartikel perak menggunakan PSA (*Particle Size Analyzer*)?
3. Bagaimana perbedaan gugus fungsi kandungan senyawa aktif nanopartikel perak menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)?
4. Bagaimana aktivitas antioksidan nanopartikel perak kunyit dengan menggunakan metode DPPH (*1,1- diphenyl-2-picryl hydrazyl*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui karakter warna nanopartikel perak menggunakan bahan pereduksi kunyit (*Curcuma longa*).
2. Untuk mengetahui ukuran nanopartikel perak menggunakan PSA (*Particle Size Analyzer*).
3. Untuk mengetahui perbedaan gugus fungsi kandungan senyawa aktif nanopartikel perak menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*).
4. Untuk mengetahui aktivitas antioksidan nanopartikel perak kunyit dengan menggunakan metode DPPH (*1,1- diphenyl-2-picryl hydrazyl*).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi aktivitas antioksidan senyawa nanopartikel perak pada kunyit (*Curcuma longa*) serta dapat mengetahui karakteristik yang berguna untuk ilmu pengetahuan dan teknologi.
2. Memberikan motivasi kepada pembaca untuk mengembangkan dan melanjutkan penelitian ini menjadi produk farmasi dan kesehatan yang ramah lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Simplisia kunyit dengan jenis *Curcuma longa* didapatkan dari UPT Laboratorium Herbal Materia Medica Batu, Kota Batu, Jawa Timur.
2. Sintesis nanopartikel yang digunakan yaitu nanopartikel perak menggunakan kunyit (*Curcuma longa*).
3. Sintesis nanopartikel menggunakan AgNO₃ dengan metode biosintesis pada kunyit hasil ekstraksi.
4. Metode karakterisasi gugus fungsi senyawa aktif nanopartikel perak menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)
5. Metode karakterisasi secara fisik meliputi ukuran partikel menggunakan PSA (*Particle Size Analyzer*).
6. Metode yang digunakan dalam pengujian aktivitas antioksidan dengan menggunakan metode DPPH pada gelombang 517 nm.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tumbuhan dan Pemanfaatannya sebagai Obat dalam Perspektif Islam

Tumbuhan merupakan kekayaan alam yang diciptakan Allah SWT sebagai salah satu bahan baku obat. Beberapa komponen kimia (metabolit sekunder) yang terkandung dalam tumbuhan telah banyak dilaporkan dapat digunakan sebagai obat maupun bahan baku obat. Sumber daya alam yang ada di bumi telah Allah SWT ciptakan untuk manusia untuk diolah dan dimanfaatkan. Firman Allah SWT dalam surah Asy-Syu'ara ayat 7 yang berbunyi:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: “Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?”

Shihab (2002) menafsirkan ayat di atas bahwa Allah SWT menumbuhkan segala jenis tumbuhan di bumi dengan berbagai manfaatnya masing-masing. Kata إِلَى pada awal kalimat menunjukkan kata yang memiliki makna batas akhir. Hal tersebut bermaksud bahwa manusia perlu mengarahkan dan memperluas wawasan tentang tanah dan tumbuhan serta berbagai fenomena yang dapat dijumpai pada tumbuh-tumbuhan di bumi. Potongan ayat كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا memiliki arti bahwa Allah Swt. telah menciptakan berbagai aneka macam tumbuhan yang jumlahnya terus bertambah, sedangkan kalimat زَوْجٍ كَرِيمٍ dijelaskan bahwa tumbuhan memiliki sifat berpasang-pasangan sehingga setiap darinya memiliki manfaat. Arti dari tumbuh-tumbuhan yang baik merupakan tumbuhan yang tumbuh subur dan memberikan manfaat salah satunya sebagai obat dalam bidang kesehatan (Arrijal, 2018). Kata

“*zaujin kariim*” pada ayat di atas menggambarkan tumbuhan yang baik yaitu tumbuhan yang memiliki manfaat bagi makhluk hidup yang ada di bumi, seperti tumbuhan yang dapat dijadikan sebagai obat dari berbagai penyakit salah satunya kunyit (Batool *et al.*, 2017). Hal ini merupakan anugerah yang diberikan oleh Allah Swt. yang perlu dipelajari dan dimanfaatkan sesuai yang tertulis dalam firman-Nya.

Islam sangat mendorong pemanfaatan sumber daya alam, termasuk flora, untuk memenuhi kebutuhan manusia. Oleh karena itu, manusia dapat memanfaatkan dan mengolah berbagai sumber daya alam yang ada di seluruh dunia. Hal ini tersirat dalam surah At-Thaha ayat 53, Allah SWT berfirman:

لَنَأْتِيَنَّكَ بِسِحْرٍ مِّثْلِهِ ۖ فَاجْعَلْ بَيْنَنَا وَبَيْنَكَ مَوْعِدًا لَا نُخْلِفُهُ ۖ نَحْنُ وَلَا أَنْتَ
مَكَانًا سُوًى

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

Menurut Shihab (2012), ayat ini berarti bahwa Allah SWT menempatkan manusia di bumi dan menyebarkannya agar dapat menikmati kehidupan dan mempersiapkan diri untuk kehidupan setelah kematian, layaknya seorang anak yang ditempatkan dalam buaian dan dibesarkan untuk mencapai kehidupan yang lebih mulia dan lebih tinggi. Allah menciptakan manusia di bumi untuk memberi mereka pemahaman bahwa ada jarak antara mereka dan tujuan hidup mereka. Jalan yang harus mereka tempuh untuk mencapai tujuan ini, yaitu mendekati Allah dan berusaha untuk mendekati-Nya, mirip dengan berjalan di jalan-jalan bumi untuk mencapai arah dan tujuan perjalanan mereka. Allah menurunkan air dari langit dalam bentuk hujan, mata air, sungai, dan laut, dari mana tumbuh segala macam

tanaman, dan Allah telah mengarahkan manusia dan hewan untuk menggunakan buah-buahan dan tanaman tersebut untuk kelangsungan hidup mereka. Ada juga tanda-tanda bahwa Allah telah mengarahkan langit untuk menurunkan hujan dan hujan untuk turun dengan melimpah, sehingga tanaman dapat tumbuh dan berkembang.

Allah SWT adalah yang menurunkan hujan, berkat hujan itulah tumbuh tanaman dan buah-buahan dengan rasa yang berbeda-beda, ada yang asam, ada yang manis, dari berbagai jenis dan untuk berbagai keperluan. Beberapa tanaman bermanfaat bagi manusia dan hewan yang secara keseluruhan menunjukkan betapa besar rahmat dan berkah Allah bagi semua hamba-Nya. Hal tersebut tercantum dalam Al-Qur'an Surah Al-Baqarah ayat 22 yang artinya:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ فُرُشًا وَالسَّمَاءَ بِنَاءً وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ مِنَ الثَّمَرَاتِ رِزْقًا لَّكُمْ ۖ فَلَا تَجْعَلُوا لِلَّهِ أَنْدَادًا وَأَنْتُمْ تَعْلَمُونَ

Artinya: “Dialah yang menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu dan langit sebagai atap, dan Dia menurunkan air (hujan) dari langit, lalu Dia menghasilkan dengan hujan itu segala buah-buahan sebagai rezeki untukmu; karena itu janganlah kamu mengadakan sekutu-sekutu bagi Allah, padahal kamu mengetahui”.

Menurut Shihab (2012), ayat ini adalah contoh yang dapat dilihat oleh semua orang tentang bagaimana bumi kering, tandus, dan mati, dan ketika air turun ke atasnya, tanda-tanda kehidupan muncul, yaitu bumi bergerak dan permukaannya melebar, naik berkat air dan udara yang meresap ke dalamnya, dan akhirnya tumbuh berbagai macam tanaman indah yang memukau dan menggembirakan semua yang melihatnya. Mereka memukau dan menggembirakan. Tanaman-tanaman itu tumbuh, dan daun-daunnya menutupi permukaan tanah yang semula kering dengan

warna-warna yang paling beragam seperti hijau, putih, merah, dan banyak lainnya. Kombinasi warna daun-daun tersebut sangat indah dan menakjubkan, dan bunga-bunga yang berwarna-warni membuatnya semakin indah, sehingga tanah yang semula kering berubah menjadi dataran luas dengan pohon-pohon dan tanaman dalam segala macam warna.

Penggunaan tanaman sebagai obat merupakan salah satu metode pengobatan yang dianjurkan dalam Islam. Penggunaan tanaman untuk pengobatan diperbolehkan, namun dengan syarat tidak bertentangan dengan ajaran Islam yang melarang menyamakan Allah SWT dengan makhluk lain. Hal ini secara jelas dinyatakan dalam hadis-hadis Allah SWT:

إِنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ الدَّاءَ وَالِدَّوَاءَ وَجَعَلَ لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءً فَتَدَاوَوْا وَلَا تَدَاوَوْا بِحَرَامٍ

Artinya: “*Sesungguhnya Allah telah menurunkan penyakit dan obatnya, demikian pula Allah menjadikan bagi setiap penyakit ada obatnya. Maka berobatlah kalian dan janganlah berobat dengan yang haram.*” (HR. Abu Dawud dari Abu Darda' r.a).

Hadits di atas menjelaskan bahwa Allah SWT tidak menimpakan penyakit kepada hamba-Nya tanpa memberikan obat. Oleh karena itu, disarankan untuk berkonsultasi dengan dokter jika sakit karena obat untuk semua penyakit tersedia. Selain itu, dilarang menggunakan metode pengobatan yang ilegal. Penggunaan tanaman sebagai obat merupakan bagian penting dari keyakinan bahwa penyembuhan penyakit adalah kehendak Allah dan tanaman obat hanyalah alat yang digunakan Allah untuk menyembuhkan penyakit (Jahun *et al.*, 2022).

Allah dengan kekuasaan-Nya yang tak terbatas menciptakan alam semesta beserta segala isinya, dan menciptakan tanaman dalam berbagai bentuk sebagai simbol kekuasaan-Nya. Keanekaragaman tanaman digunakan dalam pengobatan,

dan sistem pengobatan Islam yang diciptakan oleh Nabi Muhammad pada zaman dahulu disebut “*At-Tibbun Nabawi*” (obat-obatan Nabi). Obat ini adalah metode pengobatan yang digunakan Nabi Muhammad untuk menyembuhkan penyakitnya, dan ia memerintahkan keluarganya dan pengikutnya untuk melakukan hal yang sama. Menurut Al-Džauzie, beberapa metode pengobatan Nabi Muhammad adalah penggunaan obat-obatan alami (herbal) (Syukri, 2022). Oleh karena itu, kunyit (*Curcuma longa*) adalah salah satu tanaman yang dapat digunakan sebagai obat herbal sesuai dengan prinsip-prinsip pengobatan herbal dalam sunah Nabi. Kunyit dikenal karena manfaat kesehatannya, yang sesuai dengan kebijaksanaan yang Allah SWT berikan kepada tanaman herbal.

2.2 Tanaman Kunyit (*Curcuma longa* L.)

2.2.1 Klasifikasi tanaman kunyit (*Curcuma longa* L.)

Klasifikasi *Curcuma longa* menurut Guneri (2021) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Zingiberales
Famili	: Zingiberaceae
Genus	: Curcuma
Spesies	: <i>Curcuma longa</i> L. (Guner, 2021).



Gambar 2.1. Rimpang kunyit (*Curcuma longa*) (Trimanto *et al.*, 2018)

2.2.2 Morfologi tanaman kunyit (*Curcuma longa*)

Curcuma longa L. adalah tanaman tegak dengan tinggi 145,6–180,6 cm. Daunnya terdiri dari helai daun, tangkai daun, dan urat daun. Daunnya runcing, ujungnya tajam, dan pangkalnya juga tajam. Tepi daun halus, urat daun berbentuk bulu (penninervis). Tulang daun menonjol ke permukaan bawah. Warna daun hijau. (Windarsih *et al.*, 2021). Daun hijau tua dan permukaannya mengkilap dan halus. Bunganya berkisar dari putih hingga kuning muda dan membentuk puncak tinggi. Rimpang merupakan bagian batang bawah tanah khusus dengan struktur seperti akar memiliki permukaan coklat dan daging buah berwarna oranye terang atau kuning dan setelah dipotong, merupakan umbi melengkung silinder atau oval dengan panjang 2 atau 3 inci, dan diameter satu inci, runcing atau meruncing di salah satu ujungnya, berwarna kekuningan di bagian luar, dengan cincin melintang dan selaras di bagian dalam berwarna oranye coklat kemerahan (Kumar & Sakhya, 2013).

Kunyit adalah tanaman tahunan herba yang tumbuh hingga setinggi 1 m. Rimpangnya bercabang, berwarna cerah hingga oranye, berbentuk silinder dan beraroma. Tangkai daun dapat memiliki panjang antara 50 hingga 115 cm. Bilah daun berbentuk lonjong hingga elips, menyempit di bagian ujungnya. Bunga

hermaprodit terdiri dari tiga helai dan bersifat zigomorfik. Sepal sebanyak 3 buah yang berwarna putih, bersatu dan memiliki rambut halus. Kelopak bunga sebanyak 3 buah yang berwarna kuning cerah disatukan menjadi tabung mahkota sepanjang 3 cm (Srivastava *et al.*, 2022).

2.2.3 Habitat dan persebaran tanaman kunyit (*Curcuma longa*)

Kunyit diyakini berasal dari Asia Selatan atau Asia Tenggara, kemungkinan besar dari Vietnam, Cina, atau India bagian barat. Tanaman ini hanya diidentifikasi sebagai tanaman peliharaan dan belum ditemukan di alam liar. India adalah produsen, konsumen, dan pemasok terbesar, tetapi juga dibudidayakan secara luas di Kamboja, Thailand, Benggala Barat, Nepal, Indonesia, Kamboja, Madagaskar, Tamil Nadu, Maharashtra, Bangladesh, Filipina, dan Malaysia. Tanaman kunyit membutuhkan suhu rata-rata 20 hingga 30° C dan curah hujan tahunan yang baik untuk tumbuh. Tinggi tanaman dapat mencapai 1 m dan memiliki daun yang panjang dan lonjong. Kunyit dapat ditemukan di daerah tropis dan subtropis. Tanaman ini akan tumbuh subur di tempat yang gelap dan tidak terlalu banyak cahaya, namun dapat tumbuh rimpang yang lebih besar dan lebih baik jika terkena sinar matahari. Kunyit biasanya tumbuh di lingkungan yang lembab (Fuloria *et al.*, 2022). Habitat alami tanaman kunyit ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Tanaman *Curcuma longa* di habitat alami (Fuloria *et al.*, 2022)

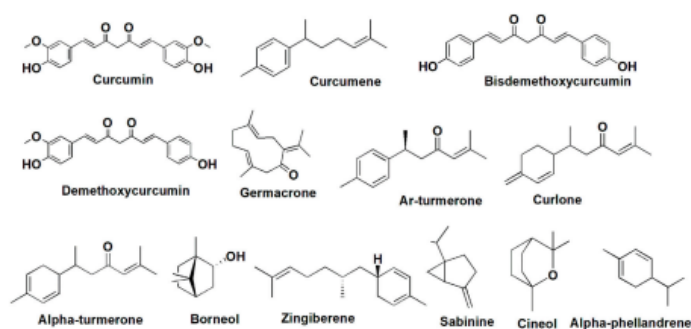
Waktu panen biasanya berlangsung dari bulan Januari hingga Maret-April. Setelah terbentuknya daun berwarna kuning, daun mulai mengering dan tanaman siap untuk dipanen. Pemotongan daun dilakukan setelah matang di dekat permukaan tanah, tanah dibajak, dan rimpang dikumpulkan dengan cara dipetik dengan tangan atau dengan hati-hati mengangkat rumpun dengan sekop. Tanaman kunyit membutuhkan tanah yang subur dan gembur dengan sedikit kandungan pasir. Rimpang biasanya ditumpuk di bawah pohon untuk tempat teduh atau di tempat penampungan yang berventilasi baik dan akhirnya dibungkus dengan daun kunyit. Rimpang yang sudah matang sebagai benih dapat disimpan dalam lubang serbuk gergaji (Fuloria *et al.*, 2022).

2.2.4 Kandungan senyawa aktif tanaman kunyit (*Curcuma longa*)

Curcuma longa mengandung karbohidrat, serat, protein dan lipid tertentu (tanpa kolesterol), vitamin C, piridoksin, magnesium, fosfor, kalium, dan kalsium, yang membuatnya menjadi bahan makanan alami yang kaya nutrisi. Kurkuminoid terdiri dari 80% kurkumin dan merupakan polifenol yang paling umum. *C. longa* terdiri dari kelembapan (>9%), kurkumin (5-6,6%), dan minyak atsiri (<3,5%). Monoterpen mendominasi minyak atsiri bunga dan daun, sedangkan seskuiterpen mendominasi minyak akar dan rimpang. Konstituen minyak mengandung 25% tumerone, 11,5% curdine, dan 8,55% ar-turmerone. Minyak *C. longa* mengandung kualitas anti-mutagenik dan juga mampu mencegah perkembangan dan ekskresi mutagen urin pada mereka yang merokok. Menurut analisis terbaru, kandungan minyak atsiri dalam rimpang sekitar 3,97%, dengan ar-turmerone (40%), α -turmerone (10%), dan curlone (23%) menjadi komponen utama yang dianalisis

dengan kromatografi gas. Turmeron telah digunakan sebagai pengusir serangga, dan kemampuan anti nyamuk telah terungkap dalam ekstrak daun (Fuloria *et al.*, 2022).

Curcuma longa merupakan sumber yang kaya akan kurkuminoid polifenol seperti kurkumin (sekitar 80%), demetoksikurkumin (sekitar 12%), dan bisdemetoksikurkumin, serta protein, minyak atsiri (tumeron, atlanton, dan zingiberon), gula, dan resin. Kurkumin, yang membentuk 0,3% - 5,4% dari *C. longa* mentah, adalah bahan aktif yang banyak dipelajari. Tanaman *C. longa* diketahui memiliki polisakarida asam (yang meliputi ukonan A, B, C, dan D), 4,2% minyak atsiri (yang meliputi turmeron, arturmeron, kurkumene, germakron, dan ar-kurkumene sebagai konstituen utama), dan 5. 8% minyak atsiri (yang meliputi 0,6% sabinene, 0,5% borneol, 1% α -phellandrene, 1% cineole, 53% seskuiterpen, 25% zingiberene, dan 3% - 4% kurkumin). Kurkumin diketon fenolik memberikan warna kuning, dan terdiri dari kurkumin I (94%), kurkumin II (6%), dan kurkumin III (0,3%). Protein (6,3%), lemak (5,1%), mineral (3,5%), karbohidrat (69,4%), dan kelembapan (13,1%) (Fuloria *et al.*, 2022). Senyawa fitokimia utama ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Struktur kimiawi fitokonstituen yang terdapat pada *Curcuma longa* (Fuloria *et al.*, 2022)

2.2.5 Manfaat dan kegunaan tanaman kunyit (*Curcuma longa*)

Kunyit telah lama digunakan sebagai obat antiinflamasi dalam pengobatan Tiongkok dan India. Kunyit memiliki kemampuan luar biasa dalam menyembuhkan luka. Ekstrak kunyit juga mengurangi produksi aflatoksin hingga 90% dan membantu menghilangkan hiperplasia empedu, gangguan lipid, nekrosis, dan nekrosis empedu. Penggunaan kunyit secara oral secara efektif mengobati diabetes, kanker, masalah gastrointestinal, dan gangguan neurologis. Kunyit juga dapat diaplikasikan pada kulit untuk meredakan gejala gangguan kulit inflamasi dan alergi, karena meredakan peradangan dan iritasi (Jyotirmayee & Mahalik, 2022).

Kunyit dan ekstrak kurkumin yang larut dalam air dan lemak memiliki efek antioksidan yang setara dengan vitamin C dan E. Efek hepatoprotektif terutama dikaitkan dengan kemampuan kunyit untuk mengurangi produksi sitokin proinflamasi. Kunyit melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas karena mengurangi kandungan oksigen. Kunyit memiliki kemampuan untuk mengurangi risiko penyakit jantung, glaukoma, katarak, tekanan darah tinggi, degenerasi makula, dan hiperkolesterolemia (Akter *et al.*, 2019). Kurkumin telah menunjukkan efek antikanker yang signifikan terhadap berbagai jenis kanker, termasuk kanker prostat, kanker payudara, kanker kolorektal, kanker pankreas, dan kanker kepala dan leher, baik dalam uji *in vitro* maupun *in vivo*. Kurkumin memiliki efek antikanker melalui mekanisme yang beragam, dengan mengganggu berbagai jalur seluler dan menginduksi/menghambat produksi berbagai jenis sitokin, enzim, atau faktor pertumbuhan (Jyotirmayee & Mahalik, 2022).

Ekstrak etanol dari kunyit (*Curcuma longa*) telah diuji untuk sensitivitas mikrobial dan terbukti efektif melawan bakteri yang diuji karena menghambat seluruh organisme dengan efek penghambatan terbesar tercatat terhadap *Shigella flexneri* dan terkecil terhadap *Staphylococcus epidermis*. Aktivitas antimikroba kurkuma dijelaskan oleh adanya spektrum luas senyawa fitokimia, seperti tanin, alkaloid, fenol, steroid, flavonoid, florotanin, glikosida jantung, terpenoid, triterpen, saponin, dan lain-lain (Oghenejobo *et al.*, 2022). Kunyit adalah fitokimia polifenol yang memiliki banyak manfaat bagi kesehatan. Kunyit terbukti memiliki sifat anti-alergi, termasuk efek penghambatan pada pelepasan histamin dari mastosit. Hasil menunjukkan penurunan signifikan pada reaksi alergi pada tikus yang diberi kurkumin, menunjukkan bahwa kurkumin berperan dalam mengurangi respons alergi (Kurup & Barrios, 2008). Kunyit memiliki peran dalam mencegah peradangan pada selaput lendir yang melapisi tenggorokan, lambung, usus, dan paru-paru (Fuloria *et al.*, 2022).

2.3 Nanopartikel

2.3.1 Definisi nanopartikel

Nanopartikel adalah partikel dengan ukuran antara 1 hingga 1000 nanometer, yang berarti sebagian besar metode merekomendasikan diameter partikel antara 200 dan 400 nm. Nanopartikel dalam bidang farmasi dibagi menjadi dua jenis yaitu obat-obatan yang melalui proses tertentu dikurangi menjadi dimensi nanometer (nanokristal), dan obat-obatan yang dikapsulkan dalam sistem pembawa nanometer, yang disebut *nanocarrier*. Nanopartikel dapat terdiri dari logam atau non-logam, tergantung pada bentuk dasarnya. Emas, platinum, dan perak adalah

komponen utama dalam nanopartikel logam, dan nanopartikel logam memainkan peran penting dalam penggunaan nanopartikel logam sebagai katalis ramah lingkungan. Partikel nano perak dan emas telah menemukan aplikasi yang luas di berbagai bidang, seperti sensor, katalis, biokimia, optik, dan elektronik. Bentuk dan ukuran nanopartikel perak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat optik, listrik, magnetik, katalitik, dan antibakteri. Semakin kecil partikelnya, semakin kuat efek antibakterinya (Alsyahla *et al.*, 2023).

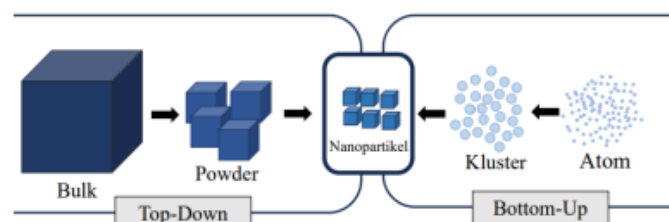
Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi ukuran partikel selama sintesis meliputi suhu larutan, konsentrasi garam dan agen reduksi, serta waktu reaksi. Penggunaan nanopartikel perak (AgNP) dianggap lebih menguntungkan karena relatif tidak beracun, memiliki sifat unik (antibakteri, antijamur, antitumor, fungisida, antivirus, dan antiinflamasi), ramah lingkungan, dan memiliki permukaan yang sangat luas yang memungkinkan mereka berinteraksi dengan sangat kuat dengan mikroorganisme. Oleh karena itu, AgNP digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pelapis, interkalasi dalam baterai listrik, katalis dalam reaksi kimia, penandaan biologis, biosensor, pewarna, penyimpanan makanan, dan pengiriman obat-obatan (Alsyahla *et al.*, 2023).

2.3.2 Klasifikasi sintesis nanopartikel

Sintesis nanopartikel dilakukan dengan dua metode yaitu *top-down* dan *bottom-up*. *Top-down* adalah sintesis fisik nanopartikel di mana material besar dihancurkan menjadi ukuran nanometer. Metode ini dilakukan dengan menggabungkan beberapa material kecil, misalnya gumpalan, menjadi partikel nanometer tanpa mengubah sifat material. Teknik utama untuk memproduksi

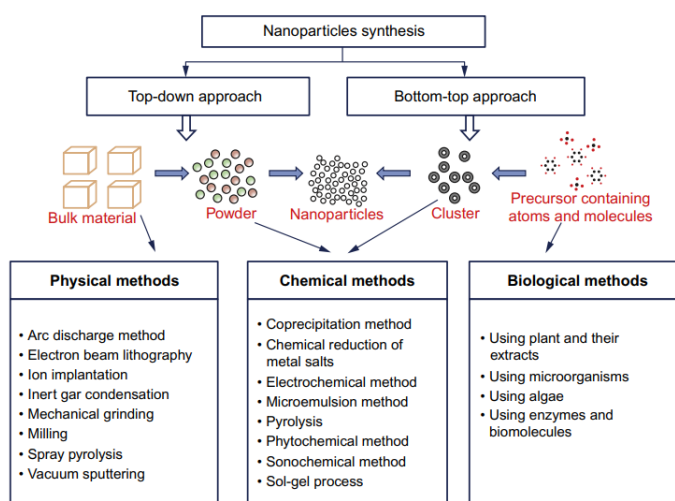
nanopartikel logam dengan metode fisik meliputi tekanan mekanis, radiasi berenergi tinggi, dan penggunaan panas serta energi listrik untuk erosi, peleburan, penguapan, atau kondensasi bahan berbentuk serbuk. Beberapa metode umum meliputi peleburan suhu tinggi, kondensasi gas tidak reaktif, atomisasi fisik, penghilangan laser, dan penghancuran laser (Wulandari & Safaat, 2021).

Metode *bottom up* adalah proses sintesis kimia di mana reaksi kimia terjadi antara beberapa bahan awal (prekursor), yang menghasilkan material nanometrik berupa partikel garam yang terbentuk melalui reaksi antara asam dan basa yang relevan. Sintesis kimia partikel logam dilakukan melalui reduksi logam pra-logam menggunakan agen reduksi kimia, seperti NaBH_4 , etilena glikol, dan trinitrat sitrat. Atom logam yang terbentuk mengalami defeksi dan kemudian pertumbuhan, yang mengarah pada pembentukan partikel nanometrik. Pembentukan inti adalah proses termodinamika yang tidak stabil dan dapat terjadi dalam larutan yang terlalu asam. Setelah terbentuk dalam larutan, inti-inti tersebut tumbuh pada permukaan padat melalui reduksi ion atau atom. Nanopartikel harus stabilisasi menggunakan zat pelindung permukaan (*surface protecting reagents*), seperti ligan organik atau zat kapsul anorganik (Wulandari & Safaat, 2021). Skema *top-down* dan *bottom-up* ditunjukkan dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Skema *top-down* dan *bottom-up* (Alsyahla et al., 2023)

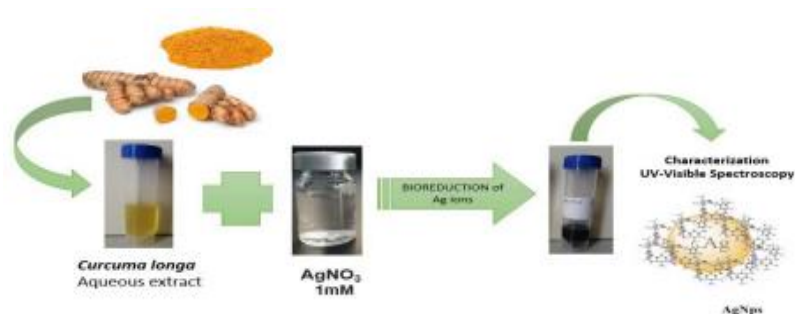
Sintesis biologis ini sangat umum digunakan karena ramah lingkungan dan relatif murah. Sintesis nanopartikel hijau telah terbukti menjadi metode terbaik karena sederhana, tidak beracun, dan ramah lingkungan (Alsyacla *et al.*, 2023). Nanopartikel logam, seperti emas, perak, platinum, dan palladium, dapat disintesis dari tumbuhan, jamur, alga, dan mikroorganisme, dan dapat digunakan sebagai agen antibakteri dan katalisator. Nanopartikel logam yang diproduksi secara biologis lebih unggul daripada nanopartikel yang diproduksi dengan metode fisiko-kimia. Bahan aktif organisme (alkaloid, asam amino, enzim, fenol, protein, polisakarida, saponin, tanin, terpen, dan lain-lain) berfungsi sebagai agen pereduksi dan penstabil dalam sintesis nanopartikel (Wulandari & Safaat, 2021). Sintesis nanopartikel dapat dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu metode fisik dan metode kimia. Namun, dalam aplikasi praktis, metode biologis yang didasarkan pada prinsip-prinsip sintesis hijau juga dapat digunakan (Gambar 2.5).



Gambar 2.5. Klasifikasi metode sintesis nanopartikel (Devatha & Thalla, 2018)

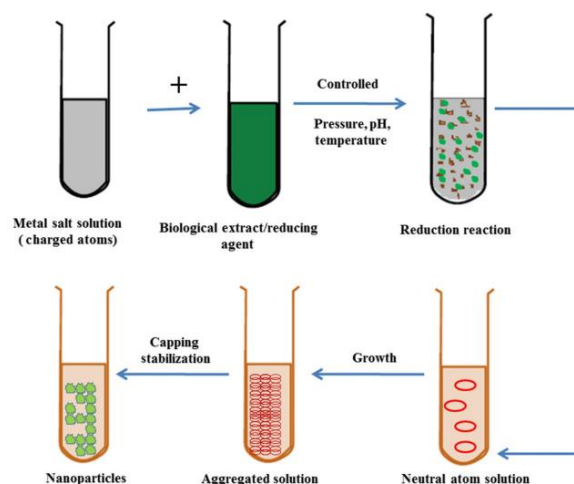
2.3.3 Metode biologi atau biosintesis

Penggunaan tanaman sebagai bahan baku untuk produksi nanopartikel perak telah menarik perhatian besar karena prosesnya yang cepat, ramah lingkungan, tidak patogen, dan ekonomis, serta kemampuannya untuk memastikan biosintesis satu tahap. Pengurangan dan stabilisasi ion perak menggunakan biomolekul seperti protein, asam amino, enzim, polisakarida, alkaloid, tanin, fenol, saponin, terpenoid, dan vitamin yang terkandung dalam ekstrak tumbuhan dengan sifat medis dan karakteristik ekologis, namun dengan struktur kimia yang kompleks (Ahmed *et al.*, 2021). Metode sintesis hijau dipengaruhi oleh tiga faktor penting, yaitu ketersediaan dan penggunaan pelarut organik, agen reduksi yang baik, dan stabilisator yang tidak berbahaya. Keuntungan utama dari metode sintesis hijau adalah penggunaan sumber daya yang tersedia secara alami, ramah lingkungan, biaya rendah, dan konsumsi energi yang rendah. Selain itu, metode ini dapat mengurangi tingkat bahaya agen reduksi yang digunakan dalam sintesis nanopartikel (Devatha & Thalla, 2018). Sintesis hijau nanopartikel perak (AgNps) menggunakan ekstrak *Curcuma longa* ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Sintesis hijau nanopartikel perak (AgNps) menggunakan ekstrak *Curcuma longa* (Neculai-Văleanu *et al.*, 2021)

Sintesis nanopartikel dari ekstrak tumbuhan meliputi tiga fase, yaitu (1) fase aktivasi, (2) fase pertumbuhan, dan (3) fase penyelesaian (Gambar 2.6). Pada fase aktivasi, terjadi reduksi ion logam, yang menyebabkan pembentukan struktur baru melalui nukleasi atom logam yang direduksi. Fase kedua meliputi pertumbuhan struktur baru yang terbentuk dan reduksi lebih lanjut ion logam, yang meningkatkan stabilitas termodinamika nanopartikel yang terbentuk. Fase ketiga ketika nanopartikel mencapai bentuk akhir dan stabilitasnya bergantung pada bentuk nanopartikel yang terbentuk (Devatha & Thalla, 2018). Mekanisme biosintesis nanopartikel ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Biosintesis nanopartikel (Devatha & Thalla, 2018)

2.3.4 Mekanisme biosintesis nanopartikel perak (AgNPs)

Reaksi yang terjadi selama sintesis partikel perak adalah reaksi oksidasi-reduksi, di mana ekstraksi berfungsi sebagai agen reduksi dan mereduksi Ag^+ (kation bermuatan positif). Kelompok fungsional yang terdapat dalam metabolit sekunder teroksidasi dan berfungsi sebagai sumber elektron untuk ion Ag^+ ,

sehingga terbentuk nanopartikel perak (Fabiani, 2018). Partikel logam ini bersifat tiga dimensi dan memiliki struktur bola (padat). Partikel-partikel ini terbentuk melalui reduksi ion logam menjadi logam netral (nol). Reaksinya sebagai berikut:

$Mn^{+} + \text{agen reduksi} \rightarrow \text{partikel nanometrik}$

$AgNO_3 + \text{ekstrak tumbuhan} \rightarrow Ag^{+} + NO_3^{-} \rightarrow Ag^0$

M adalah ion logam yang diubah menjadi nanopartikel, misalnya Au, Pt, Ag, Pd, Co, dan Fe adalah muatan listrik logam. Contoh zat reduktor seperti natrium sitrat, natrium boran, $NaBH_4$, dan alkohol. Proses ini terjadi melalui transfer elektron dari zat reduktor ke ion logam. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses sintesis nanopartikel meliputi konsentrasi reagen, partikel yang terkandung dalam lapisan pelindung (lapisan pelindung), suhu, dan proses pencampuran (Tortella *et al.*, 2020).

2.4 Ekstraksi

2.4.1 Definisi ekstraksi

Ekstraksi adalah proses pemisahan suatu zat dari campuran menggunakan pelarut. Pelarut yang digunakan harus mampu mengekstraksi zat yang diinginkan tanpa melarutkan zat lain. Pembagian pelarut selama ekstraksi mengikuti aturan “*like dissolved like*”, yang berarti bahwa senyawa polar larut dalam pelarut polar dan senyawa non-polar larut dalam pelarut non-polar. Proses ekstraksi dimulai dengan mencampurkan bahan dan pelarut, setelah itu terjadi kontak antara bahan dan pelarut serta difusi di batas antara bahan yang diekstraksi dan pelarut. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi meliputi metode ekstraksi, jenis

pelarut, ukuran partikel, kondisi bahan, suhu, polaritas pelarut, waktu ekstraksi, dan faktor-faktor lain (Jha & Sit, 2022).

Ekstraksi hijau umumnya menggunakan pelarut seperti air dan karbon dioksida, atau metode fisik seperti ekstraksi mikrowave, ekstraksi ultrasonik, dan ekstraksi cairan bertekanan (Jha & Sit, 2022). Teknik-teknik ini dapat meningkatkan hasil senyawa yang diinginkan dan mengurangi jumlah limbah produksi dibandingkan dengan metode ekstraksi tradisional (Putra *et al.*, 2023). Teknik ekstraksi ramah lingkungan semakin penting dalam beberapa tahun terakhir, terutama di industri makanan, farmasi, dan kosmetik, yang mendorong permintaan yang meningkat akan produk alami yang diproduksi secara berkelanjutan dan ramah lingkungan.

2.4.2 Pelarut ekstraksi

Agen ekstraksi adalah zat yang digunakan untuk mengekstraksi senyawa yang diinginkan dari campuran. Agen ekstraksi harus memiliki kelarutan tinggi terhadap senyawa yang diinginkan dan kelarutan rendah terhadap senyawa lain yang tidak diinginkan. Menurut Yulianti *et al.* (2021), agen ekstraksi dapat dibagi menjadi dua kategori dasar, yaitu polar dan nonpolar. Agen ekstraksi polar memiliki momen dipol yang besar. Agen ekstraksi polar yang sering digunakan adalah air, etanol, metanol, dan asam asetat. Pelarut ekstraksi polar digunakan untuk mengekstraksi senyawa polar seperti gula, asam amino, dan vitamin. Pelarut non-polar tidak memiliki momen dipol dan oleh karena itu tidak dapat membentuk ikatan dengan senyawa polar. Pelarut non-polar yang sering digunakan untuk ekstraksi adalah n-heksana, etil asetat, dan diklorometana. Pelarut non-polar

digunakan untuk mengekstraksi senyawa non-polar seperti minyak, lemak, dan lilin. Menurut Yunita & Khodijah (2020), dalam pemilihan agen ekstraksi, faktor-faktor lain juga perlu dipertimbangkan, di antaranya yaitu pelarut dengan kelarutan tinggi terhadap senyawa yang diinginkan. stabil dan tidak bereaksi, mudah diperoleh, terjangkau dan aman untuk digunakan dan tidak berbahaya bagi lingkungan.

2.5 Metode Ekstraksi

2.5.1 Maserasi

Ekstraksi adalah salah satu tahap dalam pemisahan produk alam yang diinginkan dari bahan baku. Metode ekstraksi meliputi ekstraksi menggunakan pelarut, metode distilasi, pemerasan, dan sublimasi berdasarkan prinsip ekstraksi (Zhang *et al.*, 2018). Dalam ekstraksi, prinsip kelarutan didasarkan pada prinsip “*like dissolved like*”, yang berarti bahwa polaritas pelarut menentukan senyawa mana yang diekstraksi. Ini berarti bahwa pelarut polar melarutkan senyawa polar, dan pelarut non-polar tidak melarutkan senyawa non-polar (Mariana *et al.*, 2018).

Metode ekstraksi yang digunakan untuk memisahkan senyawa aktif dalam bahan alami adalah maserasi. Maserasi atau pelunakan adalah metode ekstraksi dingin. Hal ini karena maserasi tidak melibatkan pemanasan, yang dapat merusak senyawa. Proses ekstraksi dilakukan pada suhu kamar menggunakan pelarut tertentu (Sutrisna, 2016). Senyawa aktif larut akibat perbedaan konsentrasi senyawa aktif di dalam dan di luar sel. Oleh karena itu, larutan yang terkonsentrasi terdorong keluar. Proses ini diulang hingga konsentrasi di luar sel dan di dalam sel menjadi sama (Rahmawati *et al.*, 2017). Keuntungan dari maserasi adalah prosesnya

sederhana, peralatan yang dibutuhkan juga sederhana, dan tidak menggunakan panas sehingga mencegah degradasi senyawa aktif dari bahan baku alami (Nurhasnawati *et al.*, 2017).

2.6 Karakterisasi Senyawa Nanopartikel Perak Kunyit (*Curcuma longa*)

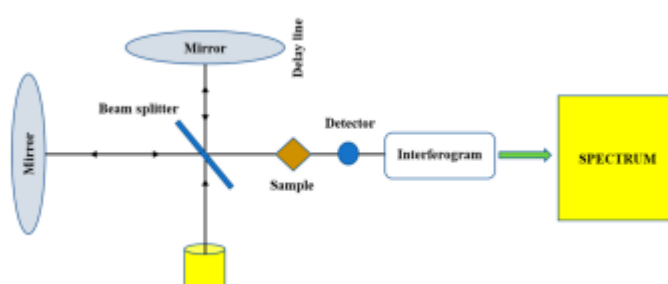
2.6.1 FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

Spektroskopi FTIR merupakan teknik yang sudah mapan dan terus berkembang, yang menawarkan banyak keuntungan seperti cepat, hasil yang tinggi, dan tidak merusak serta mampu menganalisis berbagai sampel. Spektroskopi FTIR telah digunakan dalam industri dan penelitian. Molekul kompleks, misalnya, molekul yang melekat pada AgNP, telah dideteksi dengan menggunakan teknik analisis ini (Sharma *et al.*, 2022).

Spektroskopi FTIR bekerja dengan memaparkan sinar IR ke sampel yang diinginkan. Radiasi IR kemudian diserap oleh gugus fungsi di dalam sampel, menghasilkan getaran dengan salah satu cara berikut: peregangan, pembengkokan, deformasi, atau perpaduan mode getaran. Spektroskopi IR pada pertengahan IR melibatkan foton dengan bilangan gelombang yang berkisar antara 4000 dan 600 cm^{-1} yang menjadi tereksitasi, menyebabkan molekul yang diminati meninggalkan tingkat dasar getaran. Eksitasi molekul target hanya dapat terjadi jika energi foton setara dengan perbedaan energi antara keadaan dasar dan tereksitasi (Sharma *et al.*, 2022).

Relaksasi termal kemudian menyebabkan molekul yang tereksitasi kembali ke keadaan dasar. Deteksi transisi ini dapat dicapai dengan penyerapan foton yang memiliki energi yang setara dengan perbedaan energi tingkat vibrasi yang relevan

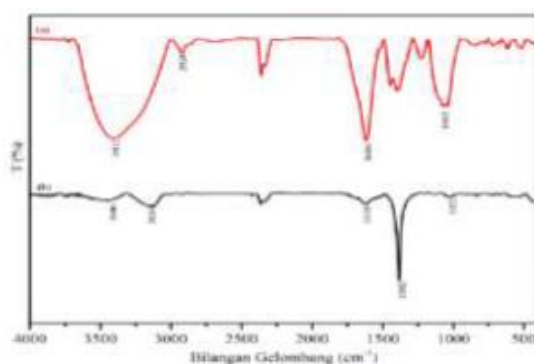
yang disebut vibrasi fundamental. Getaran ini dapat terlihat jika kopling dengan momen dipol yang berubah harus terjadi, dan bilangan gelombang radiasi yang datang harus identik dengan bilangan gelombang getaran. Getaran fundamental terbagi dalam empat kategori utama, yaitu getaran peregangan, getaran tekukan planar, getaran tekukan di luar bidang, dan getaran puntiran (Sharma *et al.*, 2022).



Gambar 2.8. Diagram skematik FTIR (Sharma *et al.*, 2022)

FTIR digunakan untuk menentukan jenis ikatan getaran antara atom dalam kelompok fungsional tertentu. FTIR dapat memicu reaksi reduksi ion perak, yang dapat diamati sebagai perubahan dalam kelompok fungsional yang berfungsi sebagai bioreduktori. Dalam senyawa fenol, misalnya, kelompok hidroksil (getaran pada 3400 cm^{-1}) mempengaruhi reduksi ion perak, yang menyebabkan penurunan intensitas puncak dalam spektrum inframerah. Untuk karakterisasi sampel, ekstrak tumbuhan dan partikel nano perak dalam bentuk serbuk disiapkan menggunakan alat FTIR. Serbuk tersebut kemudian dicampur dengan serbuk KBr dan dipadatkan, menghasilkan pelet KBr. Pelet KBr ditempatkan dalam wadah sampel alat FTIR dan dianalisis dalam rentang panjang gelombang $4000\text{-}450\text{ cm}^{-1}$ dengan resolusi 1 cm^{-1} untuk menentukan kelompok fungsional dalam sampel (Oktavia & Sutojo,

2021). Contoh penggunaan spektroskopi inframerah dalam karakterisasi nanopartikel perak dengan bioreduktor ekstrak tumbuhan disajikan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Spektrum FTIR a) Ekstrak daun salam, b) Nanopartikel perak (Oktavia & Sutojo, 2021)

Prinsip analisis ekstrak tumbuhan dan nanopartikel perak menggunakan FTIR didasarkan pada perbandingan hasil analisis spektral IR dari ekstrak tumbuhan dan nanopartikel perak. Secara teori, nanopartikel perak terbentuk melalui penggunaan agen bioreduksi ekstrak tumbuhan sebagai hasil reaksi reduksi Ag^+ . Grup fungsional ekstrak tumbuhan teroksidasi, yang menyebabkan transformasi mereka, misalnya grup OH berubah menjadi grup keton. Perubahan pada grup fungsional ini menyebabkan penurunan jumlah grup fungsional dalam sampel sebelum reaksi oksidasi. Pembentukan nanopartikel perak dalam reaksi ion Ag^+ dengan ekstrak tumbuhan dapat ditentukan dengan mengamati penurunan intensitas kelompok fungsional perak dalam spektrum IR ekstrak tumbuhan sebelum reaksi dengan ion Ag^+ dan setelah pembentukan nanopartikel perak (Oktavia & Sutojo, 2021).

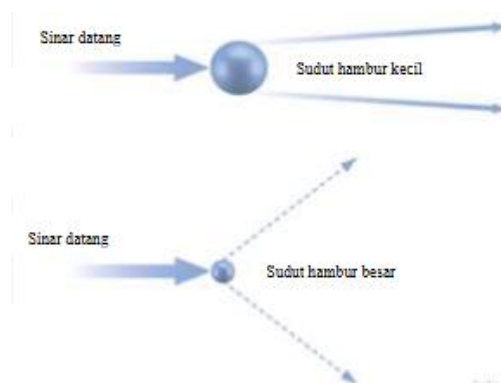
2.6.2 PSA (*Particle Size Analyzer*)

Alat analisis partikel nano kedua adalah *Particle Size Analyzer* (PSA). Alat ini memberikan informasi tentang ukuran partikel nano yang tersebar dalam larutan koloid. Diameter partikel nano berkisar antara 0,3 nanometer hingga 8 mikrometer (Horiba, 2012). PSA bekerja berdasarkan prinsip dispersi cahaya dinamis (DLS). Prinsip ini digunakan untuk mengukur dispersi cahaya. Ketika sebuah partikel atau molekul disinari, intensitas cahaya yang tersebar berubah dengan kecepatan yang bergantung pada ukuran partikel. Partikel yang lebih kecil tersebar lebih cepat (Skoog *et al.*, 2007).

Prinsip PSA yaitu larutan yang terdiri dari partikel-partikel kecil bergerak secara acak dan kemudian disinari dengan sinar laser. Semakin besar partikel, semakin lambat gerakannya. Ukuran dan distribusi partikel merupakan karakteristik dasar dari sistem nano. Karakteristik ini digunakan untuk mengevaluasi distribusi sistem nano dalam tubuh makhluk hidup, karakteristik biologis, toksisitas, dan sifat targetnya (Mohanraj, 2006). Distribusi ukuran partikel dapat dihitung dalam bentuk distribusi jumlah partikel atau distribusi volume berdasarkan massa. Analisis ini menunjukkan ukuran setiap partikel (Horiba, 2014).

Metode difraksi laser didasarkan pada hamburan sinar laser yang disebabkan oleh partikel yang tersebar saat melewati sinar laser. Partikel yang lebih besar menghamburkan cahaya pada sudut yang relatif kecil, sedangkan partikel yang lebih kecil menghamburkan cahaya pada sudut yang lebih besar. Distribusi intensitas hamburan diukur dengan komputer dalam bentuk distribusi ukuran partikel. Partikel berukuran nanometer biasanya diukur dengan PSA pada sampel

yang lembab. Hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk distribusi agar hasil pengukuran mencerminkan volume total sampel. Hal ini berbeda dengan TEM, karena TEM hanya dapat mengukur ukuran bagian sampel, bukan volume total sampel (Oktavia & Sutoyo, 2021). Ilustrasi dari peristiwa ini disajikan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Ilustrasi penghamburan sinar oleh partikel sampel (Oktavia & Sutoyo, 2021)

2.6.3 DLS (*Dynamic Light Scattering*)

DLS adalah teknik untuk menentukan ukuran dan distribusi partikel hidrodinamika dalam berbagai ukuran. DLS merupakan salah satu metode tercepat dan terpopuler untuk menentukan ukuran partikel dalam kisaran 1 nm hingga 1 μm . Selain itu, metode ini hemat biaya dan waktu karena merupakan penganalisis yang cepat. Teknik DLS digunakan untuk menentukan perubahan intensitas cahaya yang tersebar dari suspensi atau larutan yang disebabkan oleh gerakan *Brown*. Gerak *Brown* adalah gerakan acak partikel dalam pola zig-zag dari segala arah. Menurut analisis gerak *Brown*, partikel yang lebih besar bergerak lebih lambat, mencakup jarak yang lebih pendek, dan menghamburkan lebih banyak cahaya daripada partikel yang lebih kecil (Naganthran *et al.*, 2022).

2.6.4 XRD (*X-ray Diffraction*)

Difraksi sinar-X adalah salah satu metode tradisional yang paling umum digunakan untuk karakterisasi NPS. XRD adalah teknik yang digunakan untuk menentukan struktur kristalografi dan morfologi, termasuk struktur kristal, parameter jaringan, karakteristik fase, dan ukuran kristal. Jumlah komponen mempengaruhi intensitas. Perubahan pada atom unit sel menyebabkan perubahan intensitas difraksi. Sinar-X adalah radiasi elektromagnetik yang mirip dengan cahaya. Namun, sinar-X memiliki panjang gelombang yang jauh lebih pendek daripada cahaya. Radiasi ini timbul akibat perlambatan partikel bermuatan (Naganthran *et al.*, 2022).

2.6.5 TEM (*Transmission Electron Microscopy*)

TEM digunakan untuk mengkarakterisasi nanopartikel perak. Berkas elektron ditransmisikan melalui bagian yang sangat tipis dari objek mikroskopis. Berkas elektron berinteraksi dengan sampel dan berubah menjadi elektron yang tidak tersebar, elektron yang tersebar secara tidak elastis, atau elektron yang tersebar secara elastis. Elektron yang tersebar atau tidak tersebar difokuskan oleh serangkaian lensa elektromagnetik dan diproyeksikan pada layar. Hal ini menghasilkan gambar kontras amplitudo, gambar kontras fase, difraksi elektron, atau gambar bayangan dengan tingkat kegelapan yang bervariasi, tergantung pada kepadatan elektron yang tidak tersebar. TEM memberikan informasi kimia kuantitatif yang terperinci dari partikel, distribusi ukuran dan gambar resolusi tinggi. Rasio jarak antara lensa objektif dan spesimen, serta lensa objektif dan bidang gambarnya adalah perbesaran. TEM memiliki resolusi dan pembesaran yang

lebih kuat dibandingkan dengan scanning electron microscopy (SEM). Peran agen penutup dan enkapsulasi metabolit AgNP juga dapat divisualisasikan menggunakan TEM. Kelemahan TEM termasuk kebutuhan untuk bagian sampel yang besar dan vakum yang tinggi (Naganthran *et al.*, 2022).

2.6.6 SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

SEM mengungkapkan morfologi dan tekstur eksternal dan juga memberikan wawasan tentang komposisi kimiawi permukaan dan orientasi material nano pada permukaan. Variasi spasial dalam properti diilustrasikan melalui gambar dua dimensi yang dihasilkan dengan memindai permukaan spesimen pada area yang dipilih menggunakan sinyal dari elektron sekunder (SE) dan elektron yang dihamburkan (BSE) (Mukherji *et al.*, 2018). Dalam SEM, berkas elektron berinteraksi dengan permukaan spesimen, dan elektron sekunder, hamburan balik elektron, serta sinar-X yang khas terdeteksi. Dalam SEM berkas ion terfokus, gambar 3D dapat diperoleh. Meskipun sampel SEM tidak perlu setipis TEM, untuk menghindari akumulasi muatan listrik statis pada spesimen selama penyinaran elektron, spesimen, setidaknya permukaannya, harus bersifat konduksi, sehingga terkadang perlu melapisi sampel dengan lapisan bahan konduktif. Namun demikian, ada risiko bahwa sebagian informasi permukaan bisa hilang (Liu *et al.*, 2012).

2.7 Antioksidan

2.7.1 Definisi antioksidan

Antioksidan adalah zat yang dapat mencegah, menunda, atau menghambat proses oksidasi pada zat lain. Secara lebih spesifik, antioksidan adalah zat yang dapat mencegah atau menghambat pembentukan radikal bebas. Radikal bebas

adalah molekul atau senyawa yang mengandung satu atau lebih elektron bebas. Elektron bebas dalam radikal bebas dapat dengan mudah mengambil elektron dari molekul lain sehingga meningkatkan kemampuannya untuk bereaksi. Radikal bebas dapat dengan mudah menyerang sel-sel sehat dalam tubuh karena reaktivitas yang tinggi. Bahan yang dapat menangkap radikal bebas disebut antioksidan. Oleh karena itu, pengaruh aktivitas antioksidan yaitu reaksi oksidatif yang menyebabkan pembentukan radikal bebas diubah menjadi molekul yang lebih stabil dan mengurangi risiko yang merugikan (Sari *et al.*, 2013).

Antioksidan adalah senyawa yang mencegah atau menghambat oksidasi lipid dan molekul lain serta mencegah fase awal reaksi oksidasi dan penyebaran reaksi berantai (Javanmardi *et al.*, 2003). Antioksidan adalah senyawa yang terdapat dalam jumlah tertentu, mencegah kerusakan yang disebabkan oleh proses oksidasi. Antioksidan adalah elektron (elektron) atau reduktor. Senyawa ini memiliki massa molekul rendah, tetapi mencegah reaksi oksidasi dengan menghambat pembentukan radikal bebas. Antioksidan juga merupakan senyawa yang mengikat radikal bebas dan molekul dengan aktivitas tinggi, sehingga mencegah kerusakan sel (Winarsih, 2007).

2.7.2 Pengelompokan antioksidan

Antioksidan dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu antioksidan enzim dan antioksidan non-enzim. Contoh antioksidan enzim adalah superoksida dismutase (SOD), katalase, dan glutathione peroksidase. Antioksidan non-enzimatik dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu antioksidan lipofilik dan antioksidan hidrofobik. Antioksidan *liposoluble* meliputi tokoferol, karotenoid,

flavonoid, kuinon, dan piruklisin, sedangkan antioksidan *hidrosoluble* meliputi askorbat, urea, logam berat, dan hemin. Antioksidan fermentatif dan non-fermentatif bekerja sama melalui interaksi untuk mencegah dampak zat oksidatif dalam tubuh (Winarsih, 2007).

2.7.3 Mekanisme antioksidan

Reaksi oksidasi yang disebabkan oleh radikal bebas dapat dihambat atau dicegah dengan penambahan zat atau senyawa yang disebut antioksidan. Kemampuan antioksidan untuk menetralkan radikal bebas mencegah kerusakan sel tubuh dan proses yang dapat menyebabkan penyakit degeneratif. Reaksi dengan radikal bebas dapat terjadi dalam bentuk reaksi berantai dan terdiri dari tiga fase: inisiasi, propagasi, dan penghentian. Reaksi pada setiap fase adalah sebagai berikut (Oktavia & Sutojo, 2021):

- a. Fase aktivasi: $RH \rightarrow R^* + H^*$
- b. Fase propagasi: $R^* + O_2 \rightarrow ROO^*ROO^* + RH \rightarrow ROOH + R^*$
- c. Fase akhir: $R^* + R^* \rightarrow R-RROO^* + R^* \rightarrow ROORROO^* + ROO^* \rightarrow ROOR + O_2$

Fase aktivasi dimulai dengan interaksi RH dengan cahaya, oksigen, dan panas. Akibat interaksi ini, RH melepaskan atom hidrogen dan membentuk radikal bebas (R^*). Selanjutnya, pada fase propagasi, terbentuk radikal peroksida. Radikal peroksil ini, bereaksi dengan radikal (R^*) yang terbentuk pada fase pertama, membentuk radikal peroksil (ROO^*) dengan oksigen. Pembentukan radikal peroksil (ROO^*) kemudian radikal ini menyerang RH (misalnya asam lemak) dan membentuk radikal baru dan hidroperoksida. Hidroperoksida yang terbentuk pada

fase propagasi tidak stabil dan terurai menjadi senyawa karbonil pendek, seperti aldehida dan keton (Oktavia & Sutojo, 2021).

Antioksidan didefinisikan dalam kimia sebagai senyawa yang melepaskan elektron, sedangkan antioksidan dalam biologi didefinisikan sebagai molekul atau senyawa yang dapat menekan aktivitas radikal bebas dengan mencegah proses oksidasi dalam sel (Syahrizal, 2013). Antioksidan berdasarkan mekanisme kerjanya dibagi menjadi tiga kelompok (Ramadhan, 2019):

a. Antioksidan primer

Antioksidan primer adalah antioksidan yang mencegah pembentukan radikal bebas baru dan mengubah radikal bebas menjadi molekul yang tidak menyebabkan kerusakan. Contohnya adalah butilhidroksitoluen (BHT), tokoferol alami dan sintetis, terc-butilhidrokinon (TBHQ), alkil galat, dan propil galat.

b. Antioksidan sekunder

Antioksidan sekunder adalah antioksidan yang melawan efek prooksidan, yaitu faktor yang mempercepat reaksi oksidasi logam seperti Pb, Fe, Mn, dan Cu. Antioksidan sekunder mencegah kerusakan yang lebih parah yang disebabkan oleh reaksi oksidasi dengan menetralkan radikal bebas. Contoh antioksidan sekunder meliputi vitamin C, vitamin E, dan beta-karoten yang melimpah pada buah-buahan (Cahyani, 2017).

3. Antioksidan Tersier

Antioksidan tersier adalah antioksidan yang dapat memperbaiki kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas pada sel atau jaringan. Contoh antioksidan tersier

meliputi enzim, seperti metionin tioksidooksidase yang dapat memperbaiki DNA di inti sel.

2.7.4 Sumber antioksidan

Antioksidan dibagi menjadi dua kelompok (eksogen dan endogen) berdasarkan sumbernya, dan terdapat tiga jenis yaitu antioksidan yang diproduksi oleh tubuh kita sendiri (endogen), antioksidan alami yang diekstraksi dari tumbuhan (eksogen), dan antioksidan sintetis yang diproduksi oleh zat kimia:

a. Antioksidan endogen

Antioksidan yang berupa enzim-enzim misalnya superoksidase dismutase, katalase, dan glutathion metaloenzim yang aktivitasnya sangat tergantung pada adanya ion logam. Aktivitas superoksidase dismutase tergantung pada logam Fe, Cu, Zn, dan Mn. Enzim katalase bergantung pada ion logam Fe (besi), dan glutathion peroksidase bergantung pada ion logam Se (selenium) (Sari *et al.*, 2013).

b. Antioksidan eksogen

Antioksidan yang dapat berupa senyawa nutrisi dan non-nutrisi. Senyawa antioksidan kebanyakan senyawa antioksidan yang diisolasi dari sumber alami yang berasal dari tumbuhan. Senyawa antioksidan yang berupa nutrisi antara lain vitamin C, E, A, dan β -karoten, dan senyawa antioksidan berupa non-nutrisi umumnya adalah senyawa fenolik atau polifenol yang dapat berupa golongan flavonoid, triterpenoid, fenolik, turunan asam sinamat, kumarin, tokoferol, dan asam-asam organik polifungsional (Isnindar, 2011). Bagian tanaman baik akar, biji, kayu, daun, dan bunga maupun serbuk sari terdapat senyawa fenolik.

Adapun flavonoid diketahui mempunyai sifat antioksidan yang mampu mereduksi radikal bebas (Ramadhan, 2019). Antioksidan alami lebih unggul daripada antioksidan sintetis karena antioksidan alami aman untuk dikonsumsi dan tidak hanya menstabilkan minyak, namun juga menambahkan kandungan nutrisi pada minyak (Margaretta *et al.*, 2011).

c. Antioksidan sintetis

Antioksidan yang dibuat dari bahan-bahan kimia antara lain *butylated hydroxyanisole* (BHA), *butylated hydroxytoluene* (BHT), dan *propylgallate* (PG), *tersier butyl hydroquinone* (TBHQ), dan tokoferol. Antioksidan tersebut merupakan antioksidan alami yang telah diproduksi secara sintetis untuk tujuan komersial. TBHQ dikenal sebagai antioksidan paling efektif untuk lemak dan minyak, khususnya minyak nabati karena memiliki kemampuan antioksidan yang baik pada penggorengan. TBHQ berbentuk serbuk putih sampai coklat terang, mempunyai kelarutan cukup pada lemak dan minyak, tidak membentuk kompleks warna dengan besi (Fe) dan tembaga (Cu), tetapi dapat berubah menjadi merah muda dengan adanya basa. TBHQ lebih efektif dalam minyak nabati dibandingkan BHT dan BHA. Sebagai antioksidan primer, TBHQ mendonorkan atom hidrogen pada radikal bebas selama autooksidasi. Pada saat ini penggunaan antioksidan sintetis mulai dibatasi karena beberapa antioksidan terbukti bersifat karsinogenik dan beracun terhadap hewan percobaan (Ramadhan, 2019).

2.8 Antioksidan dari Tanaman Kunyit (*Curcuma longa*)

Curcuma longa dan komponen kurkumina memiliki efek antioksidan yang signifikan, yang dapat dibandingkan dengan vitamin C dan vitamin E, baik dalam ekstrak yang larut dalam air maupun yang larut dalam lemak. Kurkumina dapat membantu tubuh menghilangkan radikal hidroksil, oksigen bebas, superoksida, oksida nitrogen, dan NO. Perawatan awal dengan kurkumin menunjukkan bahwa ia mengurangi mutasi jantung yang disebabkan oleh iskemia. Efektivitas kurkumin pada hemoxygenase-1 endotelial (protein yang diinduksi stres) pada sel endotel aorta sapi telah dibuktikan dalam sebuah studi *in vitro* yang menyebabkan peningkatan ketahanan sel terhadap stres oksidatif. Kurkumin juga dapat membantu memperpanjang umur *Caenorhabditis elegans* dengan mengurangi tingkat ROS dan lipofuscin intraseluler selama penuaan (Fuloria *et al.*, 2022).

Studi sebelumnya telah menyelidiki potensi *C. longa* untuk melindungi hipokampus pada tikus jantan ras Wistar dari kerusakan yang disebabkan oleh timbal dan untuk mengurangi peroksidasi lipid yang disebabkan oleh logam berat beracun. Resveratrol dan kunyit secara sinergis meredakan dan memperbaiki stres oksidatif pada jaringan dengan memperkuat respons antioksidan melalui eliminasi radikal bebas. Studi sebelumnya menyatakan bahwa efek antiinflamasi dan antioksidan kunyit diperkuat secara sinergis oleh quercetin, dan efek pelindung sinergis juga terbukti pada tikus yang diinduksi dengan diazinon. Efek antiinflamasi berberin dan kunyit dapat mengurangi stres oksidatif, peradangan hati, dan metabolisme lipid. Kombinasi berberin juga mengurangi reaksi inflamasi dan stres oksidatif di korteks dan hippocampus tikus (Fuloria *et al.*, 2022).

Kurkumin memiliki sifat antioksidan yang efektif dalam sistem emulsi yang mengandung asam linoleat. Penelitian lain menunjukkan bahwa sifat antioksidan kurkumin setara dengan vitamin C dan E. Emulsi asam linoleat tanpa kurkumin menunjukkan peningkatan cepat kadar peroksida. Hasil ini menunjukkan bahwa kurkumin memiliki efek antioksidan yang efektif dan kuat. Kurkumin memiliki sifat antiinflamasi dan antioksidan serta berbagai efek terapeutik. Kurkumin menghambat oksidasi lipid peroksida pada berbagai model hewan. Kurkumin adalah antioksidan larut lemak yang bereaksi dengan radikal bebas dalam membran sel, membentuk radikal fenoksil (Shan & Iskandar, 2018).

2.9 Metode Uji Aktivitas Antioksidan

2.9.1 DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil)

Penelitian aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didasarkan pada kemampuan zat untuk menetralkan radikal bebas, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH). Sampel yang dipilih untuk pengujian aktivitas antioksidan bereaksi dengan larutan DPPH, dan penyerapan diukur menggunakan spektroskopi UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 517 nm. Dalam metode ini, mekanisme netralisasi radikal bebas melibatkan transfer elektron valensi dari antioksidan ke radikal DPPH, sehingga semua elektron radikal DPPH terikat dan membentuk molekul stabil. Selain mekanisme ini, radikal bebas DPPH juga dapat dinetralkan oleh radikal hidrogen yang dilepaskan oleh antioksidan. Reaksi dengan antioksidan menyebabkan penurunan jumlah DPPH dalam larutan yang menurunkan nilai absorpsi DPPH. Larutan DPPH berwarna ungu, dan setelah reduksi menjadi kuning

terang. Berdasarkan konsentrasi antioksidan dan persentase penghambatan DPPH, dapat ditentukan aktivitas antioksidan (IC_{50}) (Oktavia & Sutojo, 2021).

2.9.2 ABTS (2,2-azinobis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonat)

Metode ABTS (2,20-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) atau TEAC (*Trolox Equivalent Antioxidant Capacity*) didasarkan pada pembentukan radikal kation ABTS yang dibentuk dengan memancarkan satu elektron dari atom nitrogen. ABTS menyerap pada 414, 645, 734, dan 815 nm dan memberikan warna biru-hijau. Panjang gelombang yang lebih disukai adalah 734 nm karena interferensi dengan komponen penyerap lainnya diminimalkan. ABTS bereaksi dengan antioksidan yang menyebabkan dekolorisasi larutan dalam kisaran 1-30 menit. Penggunaan radikal ABTS memiliki keunggulan dibandingkan dengan radikal DPPH karena dapat digunakan dalam media air dan organik. Metode ABTS juga berguna dalam mempelajari pengaruh pH terhadap aktivitas antioksidan berbagai senyawa. Namun, uji ABTS memiliki beberapa kendala dalam aplikasi secara keseluruhan, seperti spesifisitas untuk reaksi antioksidan yang berbeda, penyimpanan radikal, atau kondisi metode pemrosesan (Bedlovičová *et al.*, 2020).

2.9.3 FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*)

Uji FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) didasarkan pada reduksi kompleks Fe^{3+} -2,4,6-tripyridyl-s-triazine yang tidak berwarna menjadi kompleks Fe^{2+} -2,4,6-tripyridyl-s-triazine yang berwarna biru pekat dalam medium asam. Nilai FRAP dihitung dari peningkatan absorbansi yang diukur pada 593 nm. Metode FRAP memiliki beberapa keterbatasan. Senyawa (bahkan tanpa sifat antioksidan) dengan potensial redoks yang lebih rendah dari potensial redoks

pasangan $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ dapat mereduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} dan dapat meningkatkan nilai FRAP untuk mendapatkan hasil yang tinggi secara umum. Namun, di sisi lain, tidak semua antioksidan mereduksi Fe^{3+} dengan cukup cepat untuk diukur. Uji daya antioksidan pereduksi besi tidak dapat digunakan untuk antioksidan yang bertindak sebagai pemadaman radikal (dengan transfer hidrogen) dan untuk senyawa yang menyerap pada panjang gelombang penentuan, karena sinyalnya dapat mengganggu (Bedlovicová *et al.*, 2020).

2.10 Nilai IC_{50} pada Pengujian Aktivitas Antioksidan

Nilai IC_{50} adalah parameter umum untuk menghitung aktivitas antioksidan. IC_{50} berarti konsentrasi sampel yang menghambat 50% aktivitas antioksidan. Semakin rendah nilai IC_{50} , semakin tinggi aktivitas antioksidan. Nilai IC_{50} antara 0 dan 50 menunjukkan aktivitas antioksidan yang sangat kuat, nilai antara 50 dan 100 menunjukkan aktivitas antioksidan yang kuat, nilai antara 100 dan 150 menunjukkan aktivitas antioksidan sedang, nilai antara 150 dan 200 menunjukkan aktivitas antioksidan lemah, dan nilai di atas 200 menunjukkan aktivitas antioksidan sangat lemah (Tanur *et al.*, 2020).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi karakter serta pengujian aktivitas antioksidan dengan metode DPPH pada senyawa nanopartikel perak ekstrak kunyit (*Curcuma longa*). Penelitian ini dilakukan dengan lima tahap yakni, ekstraksi serbuk simplisia kunyit, biosintesis nanopartikel perak (AgNPs), karakterisasi ukuran partikel menggunakan PSA, karakterisasi gugus fungsi menggunakan FTIR, dan uji aktivitas antioksidan metode DPPH.

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada periode Januari hingga Mei 2025. Persiapan dan sintesis nanopartikel dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi di Program Studi Biologi, Fakultas Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengujian ukuran partikel menggunakan PSA dilakukan di Laboratorium Pengujian Terpadu UPN Veteran Jawa Timur. Identifikasi senyawa kimia dan struktur menggunakan FTIR dilakukan di Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, dan di Program Studi Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan di Laboratorium Terpadu di Universitas Teknologi Putra Indonesia di Malang.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini meliputi variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu konsentrasi nanopartikel perak (AgNPs). Variabel terikat dalam penelitian ini ukuran nanopartikel perak, gugus fungsi nanopartikel perak, dan nilai aktivitas antioksidan. Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu ukuran dari AgNPs dan panjang gelombang spektrofotometer UV-Vis.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain spatula (6 inch SUS304), neraca analitik (sartorius), *hotplate* (benstead/thermolyne), gelas ukur 100 ml (Iwaki Pyrex), *beaker glass* (Iwaki Pyrex) 1 L, labu ukur 10 ml (Iwaki Pyrex), tabung reaksi 10 ml (Iwaki Pyrex), rak tabung reaksi, *vortex* (thermolyne), blender (Philips), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) (Shimadzu IRPrestige), *Particle Size Analyzer* (PSA) (Cordouan Technologies Amerigo), Spektrofotometer UV-Vis (WPA Biowave), *rotary evaporator* (IKA HB10), mikropipet 20-200 μ l (Dragon Lab), *microtip*, pipet 1 ml (Iwaki Pyrex), oven (Memmert), vial, *shaker* (Eyela Multi Shaker), kuvet (Product lab).

3.4.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain: serbuk simplisia *Curcuma longa* (dari UPT Laboratorium Herbal Materia Medica Batu, Jawa Timur), perak nitrat (AgNO_3) (Merck), etanol 96%, DPPH (2,2-difenil-1-

pikrilhidrazil), asam askorbat, kertas saring Whitman No. 1, kalium bromida (KBr), aquabides, alumunium foil.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Preparasi Simplisia Kunyit (*Curcuma longa*)

Simplisia kunyit diolah menjadi serbuk oleh laboratorium UPT Laboratorium Herbal Materia Medica Batu, Jawa Timur. Simplisia kunyit yang digunakan dalam penelitian ini adalah 100 gram.

3.5.2 Pembuatan Ekstrak Kunyit (*Curcuma longa*)

Ekstraksi kunyit dilakukan sesuai dengan Faiz (2021) dengan beberapa modifikasi. Bubuk kunyit ditimbang sebanyak 100 gram dan diekstraksi dengan maserasi menggunakan 500 ml etanol 96% dalam tabung Erlenmeyer, kemudian dikocok selama 24 jam dengan alat pengocok pada kecepatan 120 putaran per menit. Campuran disaring melalui kertas saring Whitman No. 1, dan ekstraksi dilakukan selama 2 x 24 jam. Filtrat yang diperoleh kemudian diuapkan menggunakan *rotary evaporator*. Hasil ekstrak *C. longa* yang sudah diuapkan dengan *rotary evaporator* sebesar 17 gram.

3.5.3 Sintesis Nanopartikel Perak (AgNP) Kunyit (*Curcuma longa*)

Sintesis partikel nano perak dari ekstrak kunyit dilakukan dengan menambahkan 20 ml ekstrak kunyit ke 1 mM (0,014 g) nitrat perak yang dilarutkan dalam 80 ml aquabides (Dharman *et al.*, 2023). Campuran tersebut kemudian diinkubasi dalam ruangan gelap pada suhu ruang selama 24 jam. Pembentukan AgNP ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi kuning terang. Larutan

kemudian dikonsentrasikan melalui pengeringan beku pada $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 48 jam (Savitri & Efendi, 2021).

3.5.4 Karakterisasi Fisik Menggunakan PSA (*Particle Size Analysis*)

Prosedur untuk menentukan ukuran partikel menggunakan *Particle Size Analysis* (PSA) meliputi pemanasan alat PSA selama sekitar 20 menit. Kemudian, komputer yang terhubung ke alat tersebut dinyalakan. Selanjutnya, pengaturan alat dilanjutkan. Larutan pengenceran standar 20 dikocok selama ± 1 menit. Kemudian dituangkan ke dalam tabung kaca bersih hingga terisi $2/3$. Tabung kaca dengan larutan standar dimasukkan ke dalam alat dan ditutup dengan sensor. Sebelum pengukuran, suhu disetel ke $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ menggunakan menu "*Temp.Panel*". Tekan menu "*Auto1*" untuk memulai pengukuran standar. Alat akan secara otomatis mengukur ukuran partikel dalam enam pengukuran. Prosedur yang sama dilakukan untuk larutan standar dengan kelarutan 200 dan 2000. Dalam prosedur berikutnya, metode otomatis dengan bentuk distribusi yang jelas digunakan. Prosedurnya sama dengan metode otomatis pertama, tetapi konfigurasi grafik distribusi diganti dengan bentuk yang jelas (Savitri *et al.*, 2023).

3.5.5 Karakterisasi Gugus Fungsi Menggunakan FT-IR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

Karakterisasi kelompok fungsional partikel nano perak menggunakan FTIR. Partikel nano perak di sentrifugasi selama 15 menit pada 3500 putaran per menit, setelah itu partikel kembali disuspensikan dalam air deionisasi. Sentrifugasi dan dispersi ulang dalam air deionisasi diulang tiga kali untuk mendapatkan pemisahan yang lebih baik tanpa partikel nano logam. Pelet yang telah dibersihkan dikeringkan

dan didinginkan dengan kalium bromida untuk pengukuran spektroskopi FTIR. Spektra direkam dengan spektrometer FT-IR dalam mode transmisi dengan resolusi 4 cm (Savitri *et al.*, 2023).

Karakterisasi kelompok fungsional dalam ekstrak kunyit sebagai kontrol. Sebuah sampel 5 mg kunyit dalam bentuk serbuk dicampur dengan 95 mg KBr. Kemudian campuran ditekan selama 15 menit pada 3500 putaran per menit untuk mendapatkan tablet. Pelet diidentifikasi menggunakan FTIR pada panjang gelombang 400-4000 cm^{-1} . Pengukuran FTIR dilakukan untuk menyelidiki molekul yang terkait dengan nanopartikel Ag.

Karakterisasi kelompok fungsional larutan nanopartikel Ag sebagai kontrol. Serbuk AgNO_3 di sentrifugasi selama 15 menit pada 3500 putaran per menit. Pelet dicuci tiga kali dengan 10 ml air deionisasi untuk menghilangkan protein/enzim bebas yang tidak menempel pada nanopartikel perak. Sampel dikeringkan dan digiling dengan pelet kalium bromida (KBr) dan dianalisis dalam mode refleksi difusi pada resolusi 4 cm^{-1} (Thirunavoukkarasu *et al.*, 2013).

3.5.6 Uji Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan diuji sesuai dengan referensi penelitian Savitri & Efendi (2021) dengan beberapa penyesuaian. Aktivitas antioksidan diuji menggunakan metode penghambatan radikal bebas dengan senyawa DPPH (*1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil*) pada panjang gelombang 515 nm hingga 517 nm. Konsentrasi nanopartikel yang diuji adalah 6, 8, 12, 14, dan 16 ppm, sedangkan konsentrasi ekstrak yang diuji adalah 10, 15, 20, 25, dan 30 ppm dengan asam askorbat sebagai kontrol positif dan 500 μl larutan DPPH stok. Kemudian, 500 μl

dari setiap sampel diambil dan ditempatkan dalam tabung reaksi untuk reaksi. Selanjutnya, 500 µl larutan DPPH dari larutan DPPH yang disisihkan ditambahkan ke setiap sampel. Semua sampel yang diuji, blanko, dan asam askorbat diinkubasi selama 30 menit pada suhu 37 °C. Kemudian, penyerapan semua sampel diukur pada panjang gelombang 517 nm. Nilai IC₅₀ diperoleh dengan menganalisis sampel menggunakan program Microsoft Excel.

Aktivitas antioksidan dinyatakan dalam persen inhibisi menggunakan persamaan:

$$\% \text{ Aktivitas Antioksidan} = \frac{\text{Absorbansi Blanko} - \text{Absorbansi Sampel}}{\text{Absorbansi Blanko}} \times 100\%$$

3.6 Analisis Data

Data dari sintesis nanopartikel menunjukkan perubahan warna larutan dan adanya gugus fungsi dalam ekstrak kunyit, yang mendorong reduksi ion perak (Ag^+) menjadi nanopartikel perak (Ag^0). Data dari pengukuran PSA dalam bentuk sifat fisik meliputi ukuran dan distribusi ukuran nanopartikel perak. Data dari pengukuran FTIR disajikan dalam bentuk kelompok fungsional kualitatif senyawa aktif. Data yang diperoleh dari pengukuran spektrofotometri digunakan untuk menghitung derajat aktivitas antioksidan, yang ditentukan berdasarkan nilai IC₅₀ yang dihitung dari persamaan $y = a + bx$, yang diperoleh dari kurva regresi linier untuk ketergantungan antara konsentrasi dan persentase penghambatan (%). Nilai IC₅₀ diperoleh dengan mengganti x dengan nilai $y = 50$. Perhitungan IC₅₀ menunjukkan aktivitas antioksidan. Nilai IC₅₀ dinyatakan dalam interval seperti yang tercantum dalam Tabel 3.1.

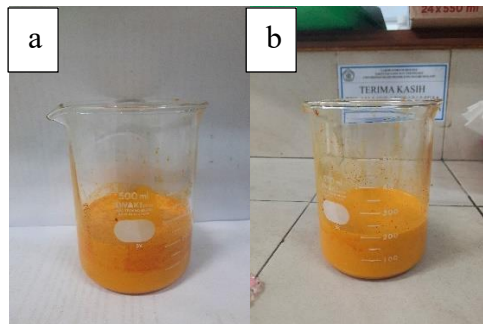
Tabel 3.1. Kategori aktivitas antioksidan

Nilai IC₅₀	Aktivitas Antioksidan
< 50	Sangat kuat
50 – 100	Kuat
> 150	Lemah

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Sintesis Nanopartikel Perak Ekstrak Kunyit

Hasil sintesis nanopartikel perak kunyit menunjukkan adanya perubahan warna dari kuning menjadi kuning kecoklatan seperti pada gambar 4.1.



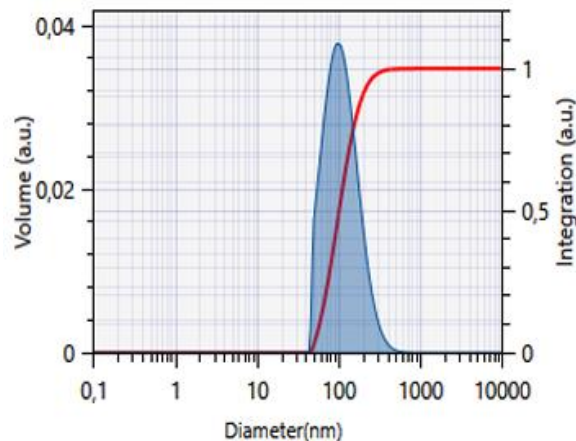
Gambar 4.1. Hasil biosintesis ekstrak simplisia kunyit dan perak nitrat AgNO_3 (a) sebelum terjadi reaksi, dan (b) setelah reaksi pembentukan nanopartikel

Perubahan warna disebabkan oleh proses oksidasi-reduksi yang terjadi akibat senyawa aktif dalam ekstrak kunyit. Pengamatan ini sesuai dengan pernyataan Shameli *et al.* (2012) bahwa pengurangan Ag^+ menjadi Ag-NPs selama paparan terhadap ekstrak *C. longa* dapat diikuti oleh perubahan warna. Suspensi segar *C. longa* berwarna kuning. Namun, setelah penambahan AgNO_3 dan pengadukan selama 24 jam pada suhu ruangan, emulsi berubah menjadi coklat gelap. Perubahan warna dalam larutan air disebabkan oleh fenomena resonansi plasmon permukaan. Badiah *et al.* (2019) menyatakan bahwa faktor agregasi nanopartikel dalam larutan juga menyebabkan pembentukan partikel yang lebih besar dan perubahan warna koloid dari kuning menjadi kuning tua dan coklat.

Penelitian oleh Nidianti *et al.* (2021) menunjukkan bahwa pencampuran AgNO₃ dengan air suling dan ekstrak kurkumin menyebabkan pembentukan partikel nano perak yang ditandai dengan perubahan warna larutan dari kuning menjadi kuning kecoklatan yang menunjukkan pembentukan partikel nano perak. Pengamatan menunjukkan bahwa ion Ag⁺ dalam air suling dapat diregenerasi oleh ekstrak etanol kurkumin yang membentuk partikel nano perak yang sangat stabil. Hal ini sesuai dengan kesimpulan Alsammarraie *et al.* (2018) bahwa perubahan warna ini dianggap sebagai sintesis AgNP yang berhasil. Perubahan warna larutan mungkin disebabkan oleh stimulasi permukaan fenomena resonansi plasmonik perak. Serbuk kunyit mengandung berbagai protein dan kandungan terpenoid yang tinggi. Selain itu, kunyit kaya akan senyawa kimia seperti zingiberen, phellandren, sabinen, dan seskviterpen. Sebagian besar senyawa ini adalah polifenol bioaktif, termasuk kurkumin yang memberikan kontribusi signifikan terhadap warna dan rasa.

4.2 Analisis Ukuran Partikel Menggunakan PSA (*Particle Size Analyzer*)

Ukuran partikel diukur menggunakan PSA berdasarkan dispersi cahaya dinamis. Pergerakan partikel dalam medium dikorelasikan dengan ukuran partikel nano perak. Sinar laser yang diarahkan ke sampel mengalami fluktuasi intensitas akibat dispersi cahaya dari partikel (Fatimah *et al.*, 2019). Ukuran distribusi nanopartikel perak dengan ekstrak kunyit dengan menggunakan PSA ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Analisis PSA nanopartikel perak *Curcuma longa* berdasarkan ukuran dispersi berdasarkan volume

Hasil karakterisasi menggunakan PSA menunjukkan bahwa ukuran nanopartikel perak ekstrak kunyit berdasarkan volume bervariasi dari 59,03 nm hingga 196,41 nm. Analisis PSA menunjukkan bahwa 10% partikel berukuran 59,03 nm, 50% berukuran 102,81 nm, 90% berukuran 196,41 nm, dan rata-rata (*mean*) ukuran partikel sebesar 117,94 nm. Grafik distribusi menunjukkan puncak yang tajam dan sempit, menandakan bahwa ukuran partikel yang dihasilkan relatif homogen (*monodispers*). Ukuran nano ini membuktikan bahwa nanopartikel perak *C. longa* memiliki potensi sebagai agen reduksi dalam produksi nanopartikel perak. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Gorsse *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak tanaman, termasuk kunyit, umumnya memiliki ukuran partikel pada rentang 50-300 nm dengan distribusi yang sempit, tergantung pada kondisi sintesis dan konsentrasi prekursor yang digunakan. Selain itu, penelitian oleh Singh *et al.* (2018) menyatakan bahwa nanopartikel perak yang dihasilkan secara *green synthesis* dengan ekstrak kunyit memiliki ukuran rata-rata antara 100-250 nm dan menunjukkan aktivitas antimikroba yang baik.

Partikel nano berukuran antara 1 hingga 1000 nm memiliki banyak keunggulan, seperti permukaan yang luas. Sebagian besar permukaan ini terletak di lapisan permukaan, sehingga membuatnya bereaksi jauh lebih kuat dibandingkan molekul biasa (Mittal, 2011). Hal ini dikonfirmasi oleh Mohanraj (2006) yang menunjukkan bahwa partikel kecil dalam larutan bergerak secara acak, dan ukuran serta distribusi partikel merupakan karakteristik paling penting dari partikel nano. Informasi ini digunakan untuk memprediksi distribusi partikel nano secara *in vivo*, karakteristik biologis, toksisitas, dan pencarian target.

Tabel 4.1. Pengujian *z-average* dan indeks polidispersitas (PDI) nanopartikel perak *Curcuma longa*

Z-average	146,78
PDI	0,3188

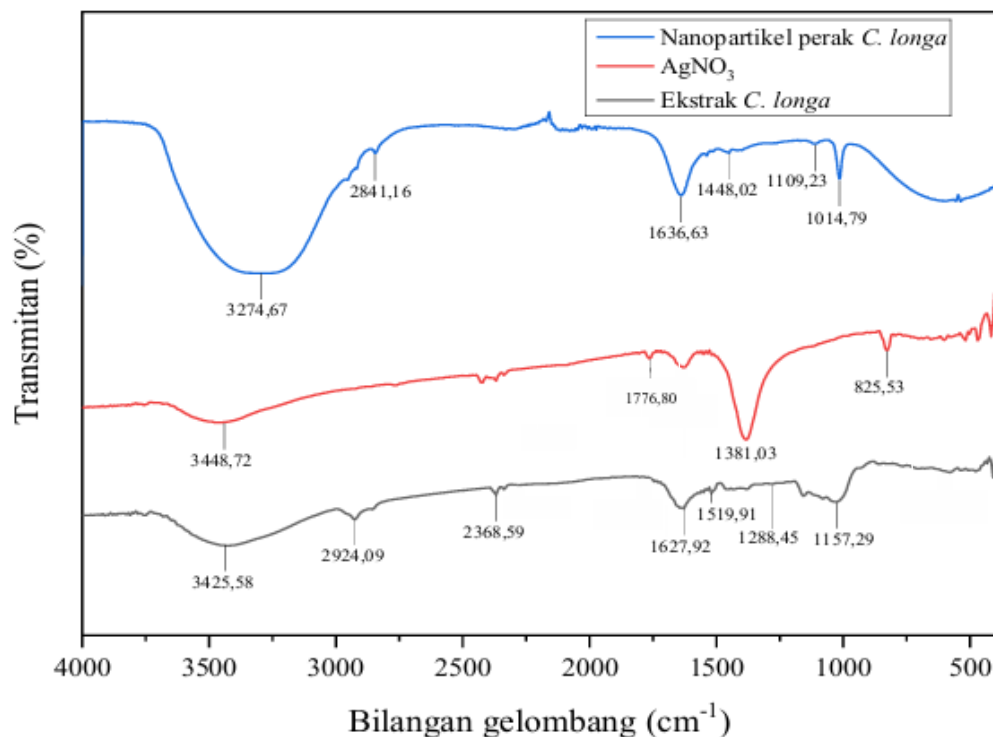
Parameter lain yang dapat diperoleh dari analisis PSA ini yaitu meliputi *Z-average* dan PDI (*Index Polidispersion*) yang disajikan pada tabel 4.1. Hasil analisis PSA pada nanopartikel perak ekstrak kunyit menunjukkan nilai *Z-average* sebesar 146,78 nm. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran rata-rata partikel dalam rentang nanometer. Hal ini sesuai dengan pernyataan Danaei *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa sintesis nanopartikel perak memenuhi kriteria nanopartikel, yaitu ukuran partikel kurang dari 1000 nm. Partikel dengan ukuran 10-1000 nm dapat diklasifikasikan sebagai nanopartikel. Perlakuan selama proses pembuatan nanopartikel dapat memengaruhi ukuran dan bentuknya, misalnya suhu, konsentrasi AgNO₃, pH, dan metode yang digunakan. Ekstraksi dari tanaman

menghasilkan enzim, protein, flavonoid, dan terpenoid sebagai bioreduktif dan stabilisator dalam sintesis nanopartikel.

Nilai *Polydispersity Index* (PDI) adalah 0,3188 yang menunjukkan distribusi partikel *monodisperse*. Nilai ini berarti partikel yang diteliti dapat diklasifikasikan ke dalam kategori dengan monodispersitas rendah yang berarti distribusi partikel dalam sampel yang diteliti bersifat heterogen. Hal ini sesuai dengan temuan Ermawati *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa partikel dengan nilai Indeks Polidispersitas (PI) dalam rentang 0,1 hingga 0,5-0,7 dikategorikan sebagai *monodisperse* (ukuran partikel tersebar secara homogen), sedangkan nilai Indeks Polidispersitas (PI) lebih dari 0,7 termasuk polidisperse (ukuran partikel tidak tersebar secara homogen). Hal ini sesuai dengan Danaei *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa indeks polidispersitas menunjukkan keandalan ukuran partikel dalam nanopartikel perak koloidal. Semakin rendah indeks polidispersitas, semakin baik keandalan distribusi ukuran partikel dalam nanopartikel perak koloidal.

4.3 Analisis Gugus Fungsi Menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

Sifat struktural dan kelompok fungsional ekstrak biologis dengan nanopartikel polimer ditentukan menggunakan FTIR. FTIR mengukur intensitas radiasi inframerah pada panjang gelombang 400–4000 cm^{-1} . FTIR digunakan untuk menentukan apakah nanopartikel menyebabkan ketidakcocokan atau perubahan sifat ekstrak tumbuhan (Rudrapal, 2022). Spektra FTIR dari nanopartikel perak kunyit, ekstrak kunyit, dan perak nitrat ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Spektra FTIR representatif dari nanopartikel perak *Curcuma longa*, AgNO_3 , dan ekstrak *Curcuma longa*

Hasil spektrum FTIR tersebut kemudian diinterpretasikan dalam bentuk tabel berdasarkan panjang gelombang fungsional untuk serapan nanopartikel perak, AgNO_3 , dan ekstrak kunyit yang dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Gugus fungsi yang terkandung dalam nanopartikel perak ekstrak *Curcuma longa*, ekstrak *Curcuma longa*, dan AgNO_3 menggunakan FTIR

Sampel	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Vibrasi Gugus Fungsi
Nanopartikel perak ekstrak <i>Curcuma longa</i>	3274,67	O-H stretching
	2841,16	C-H stretching
	1636,63	C=O stretching
	1448,02	C=C stretching
	1109,23	C-O-C stretching
	1014,79	C-O-C stretching
Ekstrak <i>Curcuma longa</i>	3425,58	O-H stretching

AgNO ₃	2924,09	C-H <i>stretching</i>
	2368,59	C=O <i>stretching</i>
	1627,92	C=C <i>stretching</i>
	1519,91	C=C <i>stretching</i>
	1288,45	C-O-C <i>stretching</i>
	1157,29	C-O <i>stretching</i>
	3448,72	O-H <i>stretching</i>
	1776,8	C=O <i>stretching</i>
	1381,03	NO ₂ <i>asymmetric</i>
	825,53	NO ₃ ⁻ <i>bending</i>

Hasil analisis FTIR menunjukkan adanya kelompok fungsional yang memiliki puncak penyerapan inframerah khas pada panjang gelombang tertentu. Spektrum FTIR dipindai pada wilayah inframerah tengah yang sesuai dengan panjang gelombang 4000–400 cm⁻¹. Analisis spektrum inframerah nanopartikel *Curcuma longa* menunjukkan puncak pada panjang gelombang 3274,67 cm⁻¹, yang mengindikasikan adanya kelompok hidroksil O-H. Grup polar -OH sangat cocok untuk koordinasi ikatan dengan ion logam (misalnya ion perak) (U Din *et al.*, 2024). Spektrum FTIR AgNP yang disintesis menunjukkan ikatan O-H yang kemungkinan berasal dari senyawa fenolik dalam ekstrak tumbuhan. Kurkuminoid adalah senyawa fenolik utama dalam *Curcuma longa*. Metabolit utama, seperti protein, asam amino, asam organik, dan vitamin, serta metabolit sekunder, seperti flavonoid, alkaloid, polifenol, dan terpenoid, membantu mengurangi kandungan garam logam secara signifikan dan berfungsi sebagai zat pembatas dan penstabil nanopartikel yang disintesis (Kartini *et al.*, 2020).

Frekuensi pada 2841,16 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus aldehida C-H. Frekuensi tinggi 1636,63 cm⁻¹ pada nanopartikel perak terkait dengan regangan

C=O. Bilangan gelombang 1448,02 mengindikasikan ikatan gugus fungsi C=C *stretching aromatic* (Socrates, 2004). Puncak penyerapan pada panjang gelombang 1636,63 cm^{-1} dapat diidentifikasi sebagai ikatan amida I dalam protein yang terbentuk akibat peregangan kelompok karbonil dalam protein (Kurian *et al.*, 2016). Puncak pada bagian antara 1109,23 cm^{-1} berada di rentang gelombang 1310-1020 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus eter (C-O-C) (Socrates, 2004). Puncak gelombang adalah 1014,79 cm^{-1} , panjang gelombang adalah 1000–1100 cm^{-1} , yang menunjukkan adanya ikatan -C-O-C dan -C-O-H dalam struktur polisakarida (Barbinta-Patrasu *et al.*, 2021). Ikatan -C-O-C dan -C-O dari senyawa heterosiklik, seperti alkaloid atau flavonoid, serta ikatan amida (I) dari protein yang diekstraksi dari serbuk membentuk ligan yang mengelilingi nanopartikel (Shameli *et al.*, 2012).

Hasil spektrum FTIR ekstrak *Curcuma longa* menunjukkan puncak pada 3425,58 cm^{-1} , yang mengindikasikan getaran O-H yang melar dari kelompok hidroksil (fenol). Puncak ini menunjukkan adanya polifenol, yang dikenal karena aktivitas antioksidannya yang tinggi. Puncak absorpsi pada panjang gelombang 1836,23 cm^{-1} merupakan hasil dari regangan ikatan aromatik C=O dan puncak absorpsi ikatan C-H, yang umumnya berasal dari kelompok alkena pada panjang gelombang 2924,09 cm^{-1} . Puncak-puncak ini menunjukkan adanya senyawa organik seperti kurkuminoid dan terpenoid dalam kunyit. Puncak-puncak ini menunjukkan adanya polifenol dalam kunyit yang mengonfirmasi bahwa kurkuminoid (3–6%) adalah polifenol utama dalam kunyit. Kunyit mengandung kurkumina, demetoksikurkumina, dan bisdemetoksikurkumina yang secara

keseluruhan membentuk kurkuminoid dengan kandungan sekitar 3–6%. Kehadiran kurkumina merupakan indikator warna khas kunyit (Egbujor *et al.*, 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Noordam *et al.* (2025) menunjukkan bahwa kurkuminoid yang terkandung dalam kunyit mengandung kelompok fungsional penting seperti O-H, C=O, dan C-H, yang memainkan peran penting dalam aktivitas biologisnya. Kehadiran kelompok hidroksil dan karbonil dalam ekstrak kunyit dapat menunjukkan kandungan kurkumin yang tinggi, yang berkontribusi pada sifat farmakologis, termasuk efek antiinflamasi dan antioksidan. Penelitian Purwakusumah *et al.* (2024) juga menunjukkan bahwa ekstraksi dengan etanol 96%, seperti yang dilakukan dalam penelitian ini, memungkinkan ekstraksi hampir semua senyawa tumbuhan, sehingga etanol dapat digunakan untuk memperoleh spektrum FTIR.

Puncak spektrum FTIR ekstrak kunyit berada pada $2368,59\text{ cm}^{-1}$, yang sesuai dengan kelompok fungsional C=O *stretching* (Batoool *et al.*, 2017). Puncak pada panjang gelombang $1627,92\text{ cm}^{-1}$ disebabkan oleh regangan C=C dalam getaran cincin aromatik. Puncak-puncak ini khas untuk struktur kurkumin. Kurkumin memiliki tiga senyawa kimia dalam strukturnya yaitu dua cincin aromatik yang mengandung kelompok o-metoksifenol. Selain itu, puncak pada panjang gelombang $1519,91\text{ cm}^{-1}$ disebabkan oleh getaran campuran, termasuk getaran karbon (C=C), getaran alifatik dan aromatik di sekitar bagian enol dan ketokonfigurasi kurkumin (Ismail *et al.*, 2014). Puncak pada $1288,45\text{ cm}^{-1}$ disebabkan oleh regangan C-O-C *stretching* pada eter *aromatic* (Socrates, 2004). Puncak yang disebabkan oleh peregangannya gugus fungsi C-O pada $1157,29\text{ cm}^{-1}$

dalam rentang 1000-1200 cm^{-1} mengindikasikan adanya ikatan tunggal karbon-oksigen (C-O) (Satyavani *et al.*, 2011).

Hasil FTIR untuk nitrat perak menunjukkan puncak pada panjang gelombang 3448,72 cm^{-1} yang mengindikasikan regangan O-H pada kelompok hidroksil (Gan *et al.*, 2016). Spektrum AgNO_3 menunjukkan puncak yang signifikan pada 825,53 cm^{-1} dan 1381 cm^{-1} . Hal ini menunjukkan bahwa ion perak (Ag^+) dari partikel nano perak terikat dalam ikatan yang menyebabkan puncak serupa pada frekuensi karakteristik 1390–1360 cm^{-1} dan 910-790 cm^{-1} . Pita yang sangat kuat pada sekitar 1390-1360 cm^{-1} yang disebabkan oleh getaran regangan asimetris dan simetris dari kelompok NO_2 . Namun, untuk sebagian besar senyawa nitro jenuh yang disubstitusi dengan NO_2 , pita yang muncul pada 910-790 cm^{-1} untuk senyawa konjugasi atau *aromatic*. Puncak 1776,8 cm^{-1} mengindikasikan gugus fungsi C=O (Socrates, 2004). Gelombang absorpsi pada 825,53 cm^{-1} mengindikasikan pelengkungan antisimetris ikatan NO_3^- (Gamov *et al.*, 2016).

Spektrum FTIR dari partikel-partikel nanopartikel perak berbeda dari spektrum FTIR ekstrak kunyit. Spektrum FTIR dari ekstrak kunyit dan nanopartikel nanopartikel perak menunjukkan pergeseran panjang gelombang pita penyerapan untuk kelompok O-H dari 3425,58 cm^{-1} menjadi 3274,67 cm^{-1} dan lebih lebar. Selain itu, pita C=O bergeser dari 2368,59 cm^{-1} menjadi 1636,63 cm^{-1} . Hal ini menunjukkan adanya interaksi antara partikel perak nanometrik dan kelompok OH- dan C=O- pada permukaan ekstrak (Nurcahyo & Wibawa, 2022). Sebaliknya, puncak penyerapan pada 2368,59 cm^{-1} dalam ekstrak *C. longa*, yang dikaitkan dengan regangan simultan C=O, bergeser menjadi 1636,63 cm^{-1} dalam *C. longa*

AgNPs. Puncak penyerapan pada $1627,92\text{ cm}^{-1}$ dan $1519,91\text{ cm}^{-1}$ dalam ekstrak *C. longa* yang mengindikasikan gugus fungsi C=C mengalami pergeseran menjadi $1448,02\text{ cm}^{-1}$ dalam *C. longa* AgNs. Selain itu, puncak penyerapan yang menonjol pada $1157,29\text{ cm}^{-1}$, yang terkait dengan kelompok enol C-O dalam ekstrak *C. longa* menghilang dalam *C. longa* AgNPs, kemungkinan akibat ikatan perak (Ag) dengan kelompok C=O dalam ekstrak *C. longa*. Regangan sekitar $1636,63\text{ cm}^{-1}$ dan $2368,59\text{ cm}^{-1}$, yang dikaitkan dengan adanya alkana (Maghimaa & Alharbi, 2020). Alkana ini berfungsi sebagai agen stabilisasi atau penutup selama pembentukan nanopartikel (Shameli *et al.*, 2012).

Penurunan nilai transmitan pada gugus C=C disebabkan adanya interaksi antara ion perak (Ag) dan gugus C=C pada ekstrak. Selain itu, penurunan nilai transmitan dikarenakan bertambahnya jumlah partikel atau gugus atom (Ag) yang menyerap cahaya *infra-red* semakin banyak sehingga cahaya yang ditransmisikan semakin sedikit. Perubahan nilai transmitan terutama pada gugus O-H yang terdapat pada ekstrak dan nanopartikel perak menunjukkan bahwa gugus O-H berperan dalam proses reduksi ion perak. Intensitas transmitan mengalami penurunan regangan gugus O-H dan gugus C-O yang diikuti dengan pergeseran gelombang bilangan yang disebabkan adanya interaksi antara ion perak (Ag) dan gugus hidroksil ekstrak *C. longa*. Nilai transmitan menurun disebabkan oleh bertambahnya jumlah partikel atau gugus atom (Ag) yang menyerap cahaya *infrared* semakin banyak sehingga cahaya yang ditransmisikan semakin sedikit donor (Nury *et al.*, 2023).

Pergeseran bilangan gelombang terutama pada gugus C-O dan O-H yang terdapat pada ekstrak *C. longa* dan nanopartikel perak dengan pelarut etanol 96% menunjukkan bahwa gugus C-O dan O-H berperan dalam proses reduksi ion perak. Mekanisme pembentukan nanopartikel perak ditandai dengan perak nitrat dilarutkan ke dalam air mengalami disosiasi menjadi ion positif (Ag^+) dan ion negatif (NO_3^-). Proses reduksi diperlukan untuk mengubah Ag^+ menjadi Ag^0 dengan menerima elektron dari donor (Nury *et al.*, 2023).

Pemeriksaan FTIR menunjukkan bahwa keberadaan senyawa alkaloid, flavonoid, dan protein, serta fenol yang bertanggung jawab atas reduksi dan pelapisan AgNP. Gugus fungsional AgNP diidentifikasi melalui analisis FTIR, termasuk alkohol atau fenol, keton, amina aromatik, amina alifatik, asam karboksilat, halida alkil, amina, dan alkin (Dhaka *et al.*, 2023). Kurkuminoid menunjukkan variasi dalam struktur kimia, karakteristik fisikokimia dan sifat fungsionalnya. Prinsip “*like dissolved like*” menjelaskan bahwa pelarut polar dapat larut dalam senyawa yang bersifat polar, sedangkan pelarut nonpolar dapat larut pada senyawa non polar. Proses ekstraksi dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain selektivitas (pelarut harus dapat dengan cepat dan sepenuhnya melarutkan zat target), titik didih pelarut (pelarut harus memiliki titik didih rendah agar mudah menguap), pelarut bersifat inert untuk menghindari reaksi dengan komponen lain. Kurkumin memiliki sifat kelarutan yang rendah di dalam air. Oleh karena itu, dilakukan modifikasi dalam bentuk perak nanopartikel kurkumin untuk meningkatkan sifat kelarutan dari kurkumin (Nidianti *et al.*, 2021).

Perbandingan spektrum sampel non-sintetis dengan sampel sintetis yang mengandung AgNPs menunjukkan perubahan kecil dalam posisi dan ukuran puncak absorpsi. Hasil analisis spektral FTIR menunjukkan bahwa kelompok karbonil asam amino dan protein memiliki sifat ikatan yang kuat dengan ion perak. Hal ini menunjukkan bahwa telah terbentuk lapisan yang menutupi partikel perak yang berfungsi sebagai agen pengikat dan mencegah partikel menggumpal. Hal ini juga memastikan stabilitas media. Molekul biologis tampaknya memainkan peran ganda dalam pembentukan partikel nanopartikel perak dalam media cair dan dalam stabilisasinya (Kurian *et al.*, 2016).

4.4 Analisis Aktivitas Antioksidan

Penelitian uji aktivitas antioksidan yang telah dilakukan menggunakan lima konsentrasi AgNPs dan ekstrak yang berbeda dengan larutan asam askorbat digunakan sebagai pembanding menghasilkan data pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil IC₅₀ antioksidan nanopartikel perak *Curcuma longa*, ekstrak *Curcuma longa*, dan asam askorbat

Sampel	Konsentrasi (ppm)	%Inhibisi	IC ₅₀	Kategori (Molyneux, 2004)
Nanopartikel Perak (AgNPs) <i>Curcuma longa</i>	6	10,25	27,22	Sangat kuat
	8	13,55		
	12	22,42		
	14	25,12		
	16	28,60		
Ekstrak <i>Curcuma longa</i>	10	7,99	52,60	Kuat
	15	13,22		
	20	17,13		
	25	22,42		
	30	28,10		
Asam Askorbat	1	4,46	17,03	Sangat kuat
	2	7,16		

4	12,23
5	15,98
6	18,68

Aktivitas antioksidan partikel perak nano (AgNP) yang dihasilkan dari kunyit diuji menggunakan α , α -difenil- β -pirilhidrasil (DPPH) dengan konsentrasi sampel 6, 8, 12, 14, dan 16 ppm. Hasil yang diperoleh berbeda dengan hasil ekstrak pada konsentrasi sampel 10, 15, 20, 25, dan 30 ppm. Hasil aktivitas antioksidan ekstrak kunyit dan AgNP disajikan dalam Tabel 4.3 Nilai IC₅₀ AgNP kunyit adalah 27,22 ppm, yang lebih baik daripada nilai IC₅₀ ekstrak (52,60 ppm), tetapi lebih rendah daripada nilai asam askorbat yang digunakan sebagai kontrol positif (17,03 ppm). Nanopartikel yang berasal dari ekstrak kunyit dan asam askorbat (AgNP) memiliki sifat antioksidan yang sangat kuat, sementara ekstrak kunyit memiliki sifat antioksidan yang kuat. Hal ini sesuai dengan temuan Savitri dan Efendi (2021), yang menyatakan bahwa IC₅₀ dapat dikategorikan ke dalam berbagai kategori. IC₅₀ sangat kuat jika nilainya di bawah 50. IC₅₀ kuat jika nilainya antara 50-100. Kategori IC₅₀ sedang jika nilainya antara 100-150. Kategori IC₅₀ lemah jika nilainya antara 150-200. Nilai IC₅₀ di atas 200 termasuk dalam kategori sangat lemah.

Penelitian Sabir *et al.* (2020) menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan ekstrak etanol kunyit memiliki nilai IC₅₀ sebesar $27,2 \pm 1,1$ μ g/ml. Hal ini sesuai dengan Ching *et al.* (2014), yang menentukan nilai IC₅₀ ekstrak etanol kunyit sebesar $24,968 \pm 2,11$ μ g/ml. Penelitian Nahake & Sahuem (2011) menunjukkan bahwa aktivitas DPPH ekstrak etanol *C. longa* merupakan penangkap radikal yang kuat dengan nilai IC₅₀ sebesar $74,61 \pm 0,02$ μ g/ml.

Hasil ini sesuai dengan penelitian Aakash *et al.* (2024), yang menunjukkan bahwa nilai IC₅₀ nanopartikel perak (Ag) pada kunyit adalah 71,9 µg/ml, sedangkan nilai IC₅₀ ekstrak kunyit hanya 241,4 µg/ml. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan antioksidan terkait dengan bentuk nanopartikel, di mana nanopartikel meningkatkan aktivitas dan penyerapan antioksidan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Suwal *et al.* (2025) yang menyatakan bahwa nilai IC₅₀ untuk AgNPs *C. longa* secara signifikan lebih rendah, yaitu $19,972 \pm 0,148$ µg/ml, dibandingkan dengan ekstrak *C. longa* yang sebesar $63,262 \pm 0,928$ µg/ml. Hal ini menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih kuat pada AgNPs. Hal ini sesuai pernyataan U Din *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa *turmeric*-AgNPs dengan aktivitas antioksidan yang tergolong kuat dengan nilai IC₅₀ 8.87 ± 0.07 ppm.

Mekanisme kerja dijelaskan bahwa ekstrak kunyit mengandung kurkuminoid yang merupakan polifenol dengan sifat antioksidan yang kuat. Kurkuminoid dapat menetralkan radikal bebas, seperti radikal superoksida, radikal hidroksil, dan radikal peroksil, dengan cara menyumbangkan atom hidrogen atau elektron. Ekstrak kunyit mengandung kurkuminoid yang dapat mengikat ion logam dan mencegah mereka bertindak sebagai katalis dalam pembentukan radikal bebas. *Reactive Oxygen Species* (ROS), seperti radikal superoksida dan hidrogen peroksida, diproduksi selama metabolisme seluler normal. Namun, produksi ROS yang berlebihan dapat menyebabkan stres oksidatif dan kerusakan sel. Curcuminoid dapat menghambat pembentukan ROS dengan menghambat enzim yang memproduksi ROS, seperti NADPH oksidase dan xantin oksidase (Ghoniem *et al.*, 2024). Menurut Rahman *et al.* (2018), aktivitas antioksidan AgNP terkait dengan

donor hidrogen, seperti polifenol, terpenoid, flavonoid, protein, atau biomaterial lain yang dapat terdapat dalam larutan koloidal AgNP atau metabolit sekunder atau protein yang terkait dengan sintesis dan stabilisasi nanopartikel.

Aktivitas antioksidan partikel nano kunyit-perak lebih rendah dibandingkan dengan asam askorbat. Efek antioksidan yang rendah dari nanopartikel ini mungkin disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk fakta bahwa asam askorbat adalah senyawa sederhana dengan efek antioksidan yang sangat kuat, sementara senyawa nanopartikel kunyit-perak masih dalam bentuk yang kompleks. Asam askorbat memiliki struktur kimia unik dengan kelompok hidroksil (-OH) yang mudah terpisah. Struktur ini memungkinkan asam askorbat berfungsi sebagai antioksidan kuat yang menetralkan radikal bebas. Mekanisme kerjanya meliputi transfer elektron dari kelompok hidroksil ke radikal bebas yang menstabilkan radikal bebas dan mencegah kerusakan sel (Hasbullah *et al.*, 2018).

Aktivitas antioksidan diuji menggunakan metode DPPH yang merupakan cara yang sangat sederhana dan cepat untuk menganalisis konsentrasi antioksidan secara manual (Muchtaromah *et al.*, 2021). Prinsip pengukuran kuantitatif aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH adalah perubahan intensitas warna ungu DPPH yang berbanding lurus dengan konsentrasi larutan DPPH. Radikal bebas DPPH dengan elektron tak berpasangan menghasilkan warna ungu. Warna ini berubah menjadi kuning ketika elektron tersebut berpasangan. Perubahan intensitas warna ungu ini terjadi akibat penangkapan radikal bebas yang dihasilkan oleh reaksi molekul DPPH dengan atom hidrogen yang dilepaskan oleh molekul senyawa sampel, yang menghasilkan pembentukan *diphenyl picrylhydrazine* dan

menyebabkan warna DPPH berubah dari ungu menjadi kuning. Perubahan warna ini menyebabkan perubahan absorbansi pada panjang gelombang maksimum DPPH menggunakan spektrofotometri UV-Vis sehingga menentukan nilai aktivitas penangkapan radikal bebas yang dinyatakan dengan nilai *inhibitory concentration* (IC₅₀) (Anggita & Nurhayati, 2024).

Hasil analisis IC₅₀ komparatif menunjukkan bahwa nanopartikel perak lebih aktif daripada ekstrak. Hasil yang diperoleh membandingkan aktivitas antioksidan nanopartikel perak yang diperoleh dari kunyit dan ekstrak kunyit, dan ditemukan bahwa nanopartikel perak yang diperoleh dari kunyit memiliki aktivitas antioksidan yang lebih kuat dibandingkan ekstrak kunyit. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak memiliki efek yang lebih kecil dalam hal aktivitas antioksidan dibandingkan nanopartikel. Aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dapat dijelaskan oleh pengaruh ukuran partikel. Ukuran partikel dapat mempengaruhi aktivitas antioksidan. Semakin kecil partikel, semakin besar luas permukaannya, dan semakin besar kontak antara partikel dan radikal bebas (Muchtaromah *et al.*, 2021).

Peningkatan aktivitas antioksidan pada nanopartikel perak *Curcuma longa* dapat berkaitan dengan kandungan senyawa fitokimia yang dimiliki oleh *C. longa* sebagai agen *capping* pada permukaan AgNP. Menurut Khalil *et al.* (2020) peningkatan aktivitas antioksidan atau pemulungan radikal bebas pada nanopartikel perak dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu agen *capping* (fitokimia) di permukaan AgNP dan ukuran partikel. Nanopartikel perak yang dihasilkan memiliki rata-rata ukuran tertinggi sebesar 196,41 nm, semakin kecil ukuran partikel maka dapat meningkatkan aktivitas antioksidan. Menurut Dzakwan &

Priyanto (2020), aktivitas antioksidan partikel yang berukuran nano dapat meningkat sebesar 2-3 kali jika dibandingkan dengan ekstrak kasar atau serbuk murninya. Hal tersebut disebabkan oleh ukuran partikel yang telah tereduksi hingga menjadi skala nanometer dapat meningkatkan kelarutan partikel dan luas permukaan spesifik sehingga memperbesar distribusi dan kontak antara partikel dan radikal bebas semakin besar. Menurut Priya *et al.* (2015), faktor lain yang dapat mempengaruhi aktivitas antioksidan yaitu senyawa aktif sebagai agen pelapis yang juga berperan dalam muatan permukaan serta struktur kimia nanopartikel perak sehingga dapat bertindak sebagai antioksidan.

4.5 Pemanfaatan Nanopartikel Perak Ekstrak Kunyit sebagai Obat dalam Perspektif Islam

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak dan kunyit merupakan bahan baku alternatif untuk obat-obatan melawan berbagai penyakit. Hasil pengujian ukuran partikel menggunakan PSA menunjukkan bahwa nanopartikel perak dan kunyit memiliki ukuran antara 59,03 nm dan 196,41 nm. Hal ini menunjukkan bahwa kunyit dalam bentuk nanopartikel dapat digunakan sebagai obat, karena memiliki bioavailabilitas dan kelarutan yang tinggi, yang memastikan penyerapan optimal dalam membran. Hasil uji FTIR menunjukkan tiga spektrum, yaitu nanopartikel kunyit dan perak, ekstrak kunyit, dan AgNO₃. Puncak penyerapan pada semua spektrum menunjukkan adanya kelompok fungsional O-H, yang mengindikasikan adanya flavonoid dalam tanaman. Kurkuminoid adalah senyawa fenolik yang dominan dalam *Curcuma longa*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai IC₅₀ untuk nanopartikel perak *C.longa* adalah 27,22

µg/ml, sedangkan nilai IC₅₀ untuk ekstrak *C.longa* adalah 52,60 µg/ml. Hasil ini menunjukkan bahwa nanopartikel kurkuma lebih efektif daripada ekstrak kurkuma dalam melawan stres oksidatif.

Allah SWT menciptakan alam semesta dan segala isinya tanpa kehilangan apa pun, dan semua ciptaan-Nya sepenuhnya ditujukan untuk ciptaan-Nya. Semua ciptaan Allah mengandung banyak hal bermanfaat dan pelajaran yang harus kita pelajari. Al-Qur'an memberitahukan umat manusia tentang fakta-fakta ilmiah yang kemudian ditemukan dan dibuktikan melalui eksperimen dengan bantuan manusia. Al-Qur'an adalah dasar pemahaman tentang kekuasaan Allah SWT di alam semesta ini, sama seperti tanaman kunyit yang merupakan bagian dari kekuasaan-Nya. Penelitian tentang partikel nano perak dari ekstrak kunyit menyelidiki senyawa kimia yang terdapat di dalamnya dan dapat digunakan sebagai bahan baku obat. Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surat Yunus ayat 61 sebagaimana berikut:

وَمَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَتْلُوا مِنْهُ مِنْ قُرْآنٍ وَلَا تَعْمَلُونَ مِنْ عَمَلٍ إِلَّا كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُودًا إِذْ تُفِيضُونَ فِيهِ وَمَا يَعْزُبُ عَنْ رَبِّكَ مِنْ مِثْقَالِ ذَرَّةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي السَّمَاءِ وَلَا أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ ﴿٦١﴾

Artinya: “Engkau (Nabi Muhammad) tidak berada dalam suatu urusan, tidak membaca suatu ayat Al-Qur'an, dan tidak pula mengerjakan suatu pekerjaan, kecuali Kami menjadi saksi atasmu ketika kamu melakukannya. Tidak ada yang luput sedikit pun dari (pengetahuan) Tuhanmu, walaupun seberat zarah, baik di bumi maupun di langit. Tidak ada sesuatu yang lebih kecil dan yang lebih besar daripada itu, kecuali semua tercatat dalam kitab yang nyata (Lauh Mahfuz)”.

Ayat-ayat tersebut menjelaskan bahwa semua tindakan manusia dan segala sesuatu di bumi atau di langit telah ditulis dalam sebuah kitab yang ada di sisi Allah SWT. Kata “ذَرَّةٍ” berarti sesuatu yang sangat kecil, lebih tepatnya sebuah atom. Segala sesuatu yang lebih ringan atau lebih berat dari atom berada di bawah

pengawasan Allah SWT (Shihab, 2002). Menurut Ahdyani *et al.* (2020), nanopartikel modern memiliki ukuran yang sangat kecil, berkisar antara 10 hingga 1000 nm. Dalam penelitian ini, partikel sangat kecil tersebut merujuk pada nanopartikel perak dari *Curcuma longa*.

Nanopartikel digunakan sebagai pembawa obat untuk meningkatkan ketersediaan biologisnya, memperpanjang pelepasan obat, dan mengurangi efek samping yang tidak diinginkan. Berbagai jenis nanopartikel telah dikembangkan, termasuk liposom, polimer *biodegradable*, nanoemulsi, dan nanopartikel anorganik, yang berperan dalam pelepasan obat secara spesifik ke target yang diinginkan (Iskandar *et al.*, 2025).

Penggunaan nanoteknologi dalam kedokteran tidak hanya membantu mengatasi hambatan-hambatan ini, tetapi juga mendorong pengembangan nanomaterial dan sistem nanomedicine dengan sifat-sifat unik. Sistem nano terbaru untuk pelepasan obat merupakan hasil kombinasi produk alami dengan nanopartikel (melalui enkapsulasi atau pengikatan biomolekul), yang memiliki aktivitas biologis tinggi dan toksisitas minimal. Penelitian telah menunjukkan bahwa nanostruktur ini dapat mengurangi efek resistensi obat dan menciptakan peluang terapeutik baru (Segneaunu *et al.*, 2022). Nanopartikel umumnya didefinisikan sebagai partikel yang berukuran kurang dari 1 mikron (Barkah *et al.*, 2023). Kombinasi kurkumin dan nanopartikel logam dapat menghasilkan agen terapeutik yang efektif (antioksidan, antitumor, dan sifat neuroprotektif) (Segneaunu *et al.*, 2022).

Efek farmakologis yang signifikan dari kunyit merupakan hasil dari efek sinergis berbagai fitokomponen (kurkuminoid, minyak atsiri, terpenoid, sterol,

asam lemak, asam fenolik, dan flavonoid). Penggunaan kurkuminoid dalam biomedik dan pangan masih terbatas karena sifatnya sebagai polifenol dan sifat hidrofobiknya, stabilitas kimia yang rendah, terutama pada pH asam, yang menyebabkan bioavailabilitas yang rendah.

Allah menciptakan segala sesuatu di bumi dalam berbagai ukuran. Shihab (2002) menafsirkan kata “*Qadar*” sebagai sesuatu yang telah ditentukan oleh Allah. Segala sesuatu memiliki potensi baik dan buruk. Seperti hasil eksperimen antioksidan yang memiliki nilai baik, tetapi bervariasi dalam ekspresi numeriknya. Selain itu juga dalam QS Al-furqan ayat 2 menjelaskan hal yang sama yakni berbunyi:

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُنْ لَهُ شَرِيكٌ فِي الْمُلْكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا

Artinya: “(Ingatlah) hari (ketika) langit pecah mengeluarkan kabut putih dan malaikat diturunkan (secara) bergelombang”.

Segala sesuatu di bumi memiliki ukuran dan perhitungan atau rumus sendiri, tidak hanya diciptakan begitu saja, tetapi diberikan oleh Allah SWT. Manusia menemukannya, mempelajarinya, dan menyimbolkannya dalam bahasa atau angka (Abdu-Sisakir, 2006). Antioksidan berperan dalam mengurangi radikal bebas yang menyebabkan kerusakan. Senyawa antioksidan yang bermanfaat dalam kesehatan ditinjau dari perspektif islam terdapat dalam hadist Rasulullah SAW yang berbunyi:

فَإِنَّ اللَّهَ عَزَّ وَجَلَّ لَمْ يَضَعْ دَاءً إِلَّا وَضَعَ لَهُ شِفَاءً غَيْرَ دَاءٍ وَاحِدٍ. قَالُوا: مَا هُوَ؟ قَالَ: الْهَرَمُ

Artinya: “Sebab Allah tidaklah meletakkan suatu penyakit melainkan meletakkan pula obatnya, kecuali satu penyakit yaitu penyakit pikun” (HR. Ahmad).

Berdasarkan hadits ini, dijelaskan bahwa Allah SWT tidak menciptakan penyakit tanpa menciptakan obatnya. Artinya, Allah yang adil menciptakan semua makhluk-Nya dengan adil, seperti kunyit dengan zat aktifnya kurkumin (sebuah antioksidan) yang dapat menyembuhkan berbagai penyakit. Selain itu, sebagai Muslim yang berakal, kita memiliki kewajiban untuk menyelidiki ciptaan Allah secara lebih detail guna memperluas ilmu pengetahuan. Hal ini tertera dalam surah Ali Imran ayat 190-191 yang berbunyi:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَالاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ
الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ
رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya: “Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda kebesaran Allah bagi orang yang berakal, yaitu orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia, Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka”.

Penafsiran Shihab (2002) terhadap ayat di atas menjelaskan bahwa Allah mengajak umat manusia untuk merenungkan ciptaan-Nya, khususnya bumi, bulan, dan bintang-bintang yang tersusun dalam urutan tertentu, serta rotasi bumi di sekitar porosnya yang menyebabkan pergantian siang dan malam. Hal ini adalah karya agung Allah bagi mereka yang berpikir (Ulul Al-Bab). Ulul Al-Bab adalah manusia yang secara terus-menerus dengan hati dan mulutnya mengingat Allah dalam segala keadaan dan menggunakan akal mereka untuk merenungkan fenomena di langit dan di bumi. Sama seperti studi tentang komposisi antioksidan kurkuma dan pengetahuan tentang manfaat kesehatannya merupakan salah satu ciri khas orang-orang yang termasuk dalam Ulul Al-Bab.

Kunyit telah digunakan dalam pengobatan Ayurveda sejak zaman kuno dengan berbagai efek biologis. kurcumin adalah antioksidan alami yang tidak beracun dengan spektrum luas fungsi biologis. kurcumin diperkirakan akan digunakan sebagai obat baru dalam pengobatan berbagai penyakit, termasuk kondisi inflamasi, karsinogenesis, dan patogenesis yang disebabkan oleh stres oksidatif (Chattopadhyay *et al.*, 2004). Dengan kemajuan dalam nanoteknologi dan pengembangan nanopartikel kurkumin serta sifat antimikroba yang telah terbukti, penggunaan kunyit dalam kedokteran dan ilmu terkait telah meningkat secara signifikan. Keuntungan yang disebutkan dan pengobatan antibiotik dapat menjadi motivasi penting bagi peneliti untuk meneliti penemuan, pemurnian, dan standarisasi produk berbasis herbal seperti *C. longa* (Khan *et al.*, 2021).

BAB V **PENUTUP**

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sintesis nanopartikel perak (AgNPs) menggunakan bioreduktor kunyit (*Curcuma longa*) menunjukkan perubahan warna dari kuning muda menjadi kuning kecoklatan.
2. Ukuran nanopartikel perak (AgNPs) dengan *Particle Size Analyzer* (PSA) menunjukkan rata-rata ukuran diameter nanopartikel perak secara keseluruhan sebesar 146,78 nm.
3. Perubahan gugus fungsi nanopartikel perak (AgNPs) dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) menunjukkan gugus fungsi C=O pada bilangan gelombang 1636,63 cm⁻¹.
4. Aktivitas antioksidan nanopartikel perak (AgNPs) menggunakan bioreduktor kunyit (*Curcuma longa*) menunjukkan IC₅₀ sebesar 27,22 ppm dengan kategori aktivitas antioksidan sangat kuat.

5.2 Saran

Saran yang dapat dijadikan sebagai acuan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang uji *in silico* dan *in vivo* terkait aktivitas antioksidan nanopartikel perak kunyit. Selain itu, penelitian terkait pembuatan sediaan nanokrim juga perlu dilakukan sebagai kandidat produk perawatan kulit untuk menjaga kesehatan dan mengatasi permasalahan pada kulit.

DAFTAR PUSTAKA

- Aakash, R., Nagananda, G. S., Kavya, T. R., Reddy, R., Minchitha, K. U., Swetha, S., & Suryan, S. (2024). Synergistic blend: Curcumin-loaded silver nanoparticles synthesized from *Talaromyces atrovirens* pigment for bio evaluation. *Plant Nano Biology*, 10, 100120.
- Ahmed, S., Ahmad, M., Swami, B. L., & Ikram, S. (2021). A Review on Plants Extract Mediated Synthesis of Silver Nanoparticles for Antimicrobial Applications: A Green Expertise. *Journal of Advanced Research*, 7, 17-28.
- Akbari, B., Tavandashti, M. P., & Zandrahimi, M. (2011). Particle Size Characterization of Nanoparticles—A Practical Approach. *Iranian Journal of Materials Science and Engineering*, 8(2), 48-56.
- Akter, J., Hossain, M. A., Takara, K., ZahorullIslam, M., & Hou, D.-X (2019). Antioxidant Activity of Different Species and Varieties of Turmeric (*Curcuma* Spp): Isolation of Active Compounds. *Comp. Biochem. Physiol. Part C: Toxicol. Pharmacol.* 215, 9-17.
- Alsammarraie, F. K., Wang, W., Zhou, P., Mustapha, A., & Lin, M. (2018). Green synthesis of silver nanoparticles using turmeric extracts and investigation of their antibacterial activities. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 171, 398-405.
- Alsyaahla, F. L. Z., Setyawati, A. W., & Kuntolaksono, S. (2023). Sintesis Perak Nanopartikel Menggunakan *Ceiba pentandra* dengan Pengaplikasian Spektro Uv-Vis. *Technopex Institut Teknologi Indonesia*.
- Ambarsari, L., Febrianti, R., & Purwakusumah, E. D. Aktivitas Antioksidan Nanopartikel Kurkuminoid Temulawak Balittro secara In Vivo. *Curr. Biochem*, 6(1), 11-27.
- Arrijal, I. M. H. 2018. Uji Aktivitas Ekstrak Etil Asetat Daun Kenitu (*Chrysophyllum cainito* L.) terhadap Penurunan Kadar Gula Darah Tikus Putih Jantan Galur Wistar. *Skripsi*. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Ath-Thabari, A. J. (2009). *Tafsir Ath-Thabari*. Juz XIX & XX. Mesir: Dar Al-Qalam, Tt, 927.p
- Avanti, C., Qoyimah, S., Suliman, I. H., Flora, M. A., Rani, K. C., Sukweenadhi, J., & Kartini, K. (2024). Environmentally Friendly Synthesis of Silver Nanoparticles Using Indonesian Medicinal Plants Extract: Scale-Up Study and Characterization. *Journal of Research in Pharmacy*.
- Badijah, H. I., Seede, F., Supriyanto, G., & Zaidan, A. H. (2019). Synthesis of Silver Nanoparticles and the Development in Analysis Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 217(1).
- Barbinta-Patrascu, M. E., Gorshkova, Y., Ungureanu, C., Badea, N., Bokuchava, G., Lazea-Stoyanova, A., ... & Petrovic, S. (2021). Characterization and antitumoral activity of biohybrids based on Turmeric and silver/silver chloride nanoparticles. *Materials*, 14(16), 4726.
- Batool, R., Ayub, S., & Akbar, I. (2017). Isolation of Biosurfactant Producing Bacteria from Petroleum Contaminated Sites and Their Characterization. *Soil and Environment*, 36(1), 35–44.

- Bedlovičová, Z., Strapáč, I., Baláž, M., & Salayová, A. (2020). A Brief Overview on Antioxidant Activity Determination of Silver Nanoparticles. *Molecules*, 25(14), 3191.
- Cahyani, April Intan. 2017. Uji Aktioksidan dari Ekstrak Kulit Batang Kayu Jawa (*Lannea coromandelica*) dengan metode DPPH. *Skripsi*.
- Chattopadhyay, I., Biswas, K., Bandyopadhyay, U., & Banerjee, R. K. (2004). Turmeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications. *Current science*, 44-53.
- Ching, W. Y., Bin-Yusoff, Y., & Wan-Amarina, W. N. B. (2014). Extraction of essential oil from *Curcuma longa*. *Journal of Food Chemistry and Nutrition*, 2(1), 01-10.
- Danaei, M. R. M. M., Dehghankhold, M., Ataei, S., Hasanzadeh Davarani, F., Javanmard, R., Dokhani, A., ... & Mozafari, M. R. (2018). Impact of particle size and polydispersity index on the clinical applications of lipidic nanocarrier systems. *Pharmaceutics*, 10(2), 57.
- Devatha, C. P., & Thalla, A. K. (2018). *Green Synthesis of Nanomaterials. In Synthesis of Inorganic Nanomaterials: Advances and Key Technologies*. Elsevier Ltd., Woodhead Publishing.
- Dhaka, A., Mali, S. C., Sharma, S., & Trivedi, R. (2023). A Review on Biological Synthesis of Silver Nanoparticles and Their Potential Applications. *Results in Chemistry*, 101108.
- Dharman, S., Maragathavalli, G., Shanmugam, R., & Shanmugasundaram, K. (2023). Biosynthesis of Turmeric Silver Nanoparticles: Its Characterization and Evaluation of Antioxidant, Anti inflammatory, Antimicrobial Potential Against Oral Pathogens an In vitro Study. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*, 35(3), 299-305.
- Dwiastuti, R., Irnandari, E., Gani, M. R., Yuliani, S. H., & Nastiti, C. M. R. R. (2022). Optimization of Nanosilver Synthesis Process with Bioreductor of Binahong Leaf Extract (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis). *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas (Journal of Pharmaceutical Sciences and Community)*, 19(2), 62-70.
- Egbujor, M. C., Agunwa, C. I., & Chidebelu, I. C. (2023). Extraction and characterization of natural dyestuffs from onion (*Allium cepa*) bulb, carrot (daucuscarotal.) Root and turmeric (*Curcuma longa*) root. *Iconic Research and Engineering (IRE) Journals. India*, 6(8), 130-141.
- El Khoury, E., Abiad, M., Kassaify, Z. G., & Patra, D. (2015). Green synthesis of curcumin conjugated nanosilver for the applications in nucleic acid sensing and anti-bacterial activity. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 127, 274-280.
- Elattar, K. M., Ghoniem, A. A., Al-Otibi, F. O., Fakhouri, A. S., Helmy, Y. A., Saber, W. I., ... & Elsayed, A. (2025). Eco-friendly synthesis of Ag/CeO₂ and CuO/CeO₂ nanocomposites using *Curcuma longa* extract and assessment of their antioxidant, antifungal, and cytotoxic activities. *RSC advances*, 15(16), 12100-12116.
- Ermawati, D. E., Yugatama, A., Ramadhani, B. R., Pertiwi, I. N. T. A. N., Rosikhoh, A. N. I. S. W. A. T. U. N., & Novachiria, S. R. (2022). Stability and

- antibacterial activity test of nanosilver biosynthetic hydrogel. *Int J Appl Pharm*, 14(2), 221-226.
- Fabiani, V. A., Sutanti, F., Silvia, D., & Putri, M. A. (2018). Green Synthesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Pucuk Idat (*Cratoxylum glaucum*) Sebagai Bioreduktor. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 1(2), 68-76.
- Faid, S. M. (2021). Curcumin (*Curcuma longa*) and Quercetin Nanoparticles as Antimicrobial and Anticancer Agents. *African Journal of Biological Sciences*, 17(1), 205-219.
- Fatimah, F., Wahab, A. W., & Karim, A. (2019). Synthesis Of Silver Nanoparticles Using Beluntas Leaf (*Pluchea Indica* L.) Extract. *Jurnal Akta Kimia Indonesia (Indonesia Chimica Acta)*, 7-12.
- Fuloria, S., Mehta, J., Chandel, A., Sekar, M., Rani, N. N. I. M., Begum, M. Y., ... & Fuloria, N. K. (2022). A Comprehensive Review on The Therapeutic Potential of Curcuma Longa Linn. In Relation to Its Major Active Constituent Curcumin. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 820806.
- Gamov, G. A., Zavalishin, M. N., Novikov, I. V., Dushina, S. V., & Sharnin, V. A. (2016). Association and solvation of silver nitrate and perchlorate in aqueous ethanol. *Journal of Solution Chemistry*, 45, 286-298.
- Gan, Y., Bai, S., Hu, S., Zhao, X., & Li, Y. (2016). Reaction mechanism of thermally-induced electric conduction of poly (vinyl alcohol)–silver nitrate hybrid films. *RSC Advances*, 6(61), 56728-56737.
- Gandjar, I.G., & Rahman, A. (2007). *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Ghoniem, A. A., Elattar, K. M., Al-Otibi, F. O., Elsayed, A., El-Hersh, M. S., El-Khateeb, A. Y., ... & Saber, W. I. (2024). Turmeric extract-mediated biogenic synthesis of Ag@ SeO₂ magnetic nanoparticles: characterization, optimization, antibacterial and antioxidant activities. *RSC advances*, 14(10), 7088-7111.
- Gorsse, S., Vivès, S., Bellanger, P., Riou, D., Laversenne, L., Miraglia, S., & Clarke, D. R. (2016). Multi-scale architected thermoelectric materials in the Mg₂ (Si, Sn) system. *Materials Letters*, 166, 140-144.
- Güneri, N. (2021). A Review on Turmeric (*Curcuma longa* L.) and Usage in Seafood. *Marine Science and Technology Bulletin*, 71-84.
- Gurunathan, S., Kalishwaralal, K., Vaidyanathan, R., Venkataraman, D., Pandian, S. R. K., Muniyandi, J., ... & Eom, S. H. (2009). Biosynthesis, Purification and Characterization of Silver Nanoparticles Using *Escherichia coli*. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 74(1), 328-335.
- Hasbullah, U., Pertiwi, R. B., Khikmah, N., & Novita, D. (2018). *Parijoto: Kandungan, Manfaat Dan Pengolahannya*. Nasya Expanding Management.
- Hidayah, H., Zulfa, A. N., Nurjanah, A., Septanti, R., & Nadeak, Z. T. (2024). Literature Review Article: Perbandingan Kadar Antioksidan Pada Tumbuhan Jamblang Dengan Metode DPPH, FRAP, dan ABTS. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(1), 3359-3373.
- Horiba Instruments. (2014). *A Guidebook to Particle Size Analysis*. 1-800-4. HORIBA

- Horiba Scientific. (2012). *A Guide Book to Particle Size Analysis*. USA: Horiba Instrumen.
- Hussain, A., Attique, F., Naqvi, S. A. R., Ali, A., Ibrahim, M., Hussain, H., ... & Ullah, S. (2022). Nanoformulation of Curcuma longa root extract and evaluation of its dissolution potential. *ACS omega*, 8(1), 1088-1096.
- Islam, A., Rebello, L., & Chepyala, S. (2019). Review on Nanoformulations of Curcumin (*Curcuma longa* Linn.): Special Emphasis on Nanocurcumin. *International Journal of Nature and Life Sciences*, 3(1), 1-12.
- Ismail, E. H., Sabry, D. Y., Mahdy, H., & Khalil, M. M. H. (2014). Synthesis and Characterization of some Ternary Metal Complexes of Curcumin with 1, 10-phenanthroline and their Anticancer Applications. *Journal of Scientific Research*, 6(3), 509-519.
- Isnindar, W. S., & Setyowati, E.P. (2011). Isolasi dan Identifikasi Senyawa Antioksidan Daun Kesemek (*Diospyros kaki* Thumb) dengan Metode DPPH (1,1-difenil-2- pikrilhidrazil.). *Majalah obat tradisional*, 16(3).
- Jahun, W., Juniartin, J., Tabaika, R., & Amin, A. M. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Booklet Studi Etnobotani Tumbuhan Obat Masyarakat Ternate. *Al-Nafis: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 2(1), 65-75.
- Javanmardi, J., Stushnoff, C., Locke, E., & Vivanco, J. M. (2003). Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Iranian *Ocimum accessions*. *Food Chemistry*, 83(4), 547–550.
- Jha, A., & Sit, N. (2022). Extraction of Bioactive Compounds from Plant Materials Using Combination of Various Novel Methods: A Review. *Trends Food Sci. Technol*, 119, 579–59.
- Jithan, A. V., Madhavi, K., Madhavi, M., & Prabhakar, K. (2011). Preparation and Characterization of Albumin Nanoparticles Encapsulating Curcumin Intended for the Treatment of Breast Cancer. *International Journal of Pharmaceutical Investigation*, 1(2), 119.
- Jones, E., Michael, S., Sittampalam, G. (2016). Basics of Assay Equipment and Instrumentation for High Throughput Screening. *Assay Guidance Manual*. pp.13-17.
- Jyotirmayee, B., & Mahalik, G. (2022). A review on selected pharmacological activities of *Curcuma longa* L. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 1377-1398.
- Kalaycıoğlu, Z., Geçim, B., & Erim, F. B. (2022). Green Synthesis of Cerium Oxide Nanoparticles from Turmeric and Kinds of Honey: Characterisations, Antioxidant and Photocatalytic Dye Degradation Activities. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 13(1), 015016.
- Karim, F. A, Tungadi, R., & Thomas, N. A. (2022). Biosintesis Nanopartikel Perak Ekstrak Etanol 96% Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dan Uji Aktivitasnya Sebagai Antioksidan. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, 2(1), 32-41.
- Kartini, K., Alviani, A., Anjarwati, D., Fanany, A. F., Sukweenadhi, J., & Avanti, C. (2020). Process optimization for green synthesis of silver nanoparticles using Indonesian medicinal plant extracts. *Processes*, 8(8), 998.

- Kasim, S., Taba, P., & Anto, R. (2020). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Sebagai Bioreduktor. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 6(2), 126-133.
- Khan, M. A., Moghul, N. B., Butt, M. A., Kiyani, M. M., Zafar, I., & Bukhari, A. I. (2021). Assessment of antibacterial and antifungal potential of *Curcuma longa* and synthesized nanoparticles: A comparative study. *Journal of basic microbiology*, 61(7), 603-611.
- Khodashenas, B., & Ghorbani, H. R. (2019). Synthesis of Silver Nanoparticles with Different Shapes. *Arabian Journal of Chemistry*, 12(8), 1823-1838.
- Kulyal, P., Acharya, S., Ankari, A. B., Kokkiripati, P. K., Tetali, S. D., & Raghavendra, A. S. (2021). Variable Secondary Metabolite Profiles Across Cultivars of *Curcuma longa* L. and *C. aromatica* Salisb. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 659546.
- Kumar, N., & Sakhya, S. K. (2013). Ethnopharmacological Properties of *Curcuma longa*: A Review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 4(1), 103.
- Kurian, M., Varghese, B., Athira, T. S., & Krishna, S. (2016). Novel and efficient synthesis of silver nanoparticles using *Curcuma longa* and *Zingiber officinale* rhizome extracts. *International Journal of nanoscience and nanotechnology*, 12(3), 175-181.
- Kurup, P. V., & Barrios, S. C. (2008). Immunomodulatory Effects of Curcumin in Allergy. *Molecular. Nutr. Food Res*, 52(9), 1031-1039.
- Kusbiantoro, D., & Purwaningrum, Y. (2018). Pemanfaatan Kandungan Metabolit Sekunder pada Tanaman Kunyit dalam Mendukung Peningkatan Pendapatan Masyarakat. *Jurnal kultivasi*, 17(1).
- La Tapa, F., Suryanto, E., & Momuat, L. I. (2019). Biosintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Empelur Batang Sagu Baruk (*Arenga microcarpha*) dan Aktivitas Antioksidannya. *Chemistry Progress*, 9(1).
- Liu, J. F., Yu, S. J., Yin, Y. G., & Chao, J. B. (2012). Methods for Separation, Identification, Characterization and Quantification of Silver Nanoparticles. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 33, 95-106.
- Lorenzo, R. D., Forgione, F., Bernardi, A., Sacchi, A., Laneri, S., & Greco, G. (2023). Curcumin as a Topical Agent in Clinical Studies. *Skin Pharmacol. Physiol*, 36, 235-248.
- Maghimaa, M., & Alharbi, S. A. (2020). Green synthesis of silver nanoparticles from *Curcuma longa* L. and coating on the cotton fabrics for antimicrobial applications and wound healing activity. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 204, 111806.
- Maithilikarpagaselvi, N., Sridhar, M. G., & Sripradha, R. (2020). Evaluation of free radical scavenging activities and phytochemical screening of *Curcuma longa* extracts. *Journal of young pharmacists*, 12(2), 113.
- Maizura, M., Aminah, A., & Wan Aida, W. M. (2011). Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Kesum (*Polygonum minus*), Ginger (*Zingiber officinale*) and Turmeric (*Curcuma longa*) Extract. *International Food Research Journal*, 18(2).

- Margaretta, S., Handayani, S. D., Indraswati, N., & Hendarso, H. (2011). Ekstraksi Senyawa Phenolic *Pandanus amaryllifolius* roxb. Sebagai Antioksidan Alami. *Widya Teknik*, 10(1), 21–30.
- Mariana, E., Cahyono, E., Rahayu, E. F., & Nurcahyo, B. (2018). Validasi Metode Penetapan Kuantitatif Metanol dalam Urin Menggunakan Gas Chromatography-Flame Ionization Detector. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 277-284.
- Memarzia, A., Khazdair, M. R., Behrouz, S., Gholamnezhad, Z., Jafarnezhad, M., Saadat, S., & Boskabady, M. H. (2021). Experimental and Clinical Reports on Anti-Inflammatory, Antioxidant, and Immunomodulatory Effects of *Curcuma longa* and Curcumin, an Updated and Comprehensive Review. *BioFactors*, 47(3), 311-350.
- Mittal, D. R., 2011, Nature of Interaction Between Metal Nanoparticles (Ag) and Bacterial Cell (*E.coli*), Departement of Biotechnology and Medical Engineering, National Institute of Technology Rourkela, Mohanraj, V. J., & Chen, Y. (2006). Nanoparticles-a review. *Tropical journal of pharmaceutical research*, 5(1), 561-573.
- Mohan, P. K., Sreelakshmi, G., Muraleedharan, C. V., & Joseph, R. (2012). Water soluble complexes of curcumin with cyclodextrins: Characterization by FT-Raman spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, 62, 77-84.
- Mohanraj, V. J., & Chen, Y. (2006). Nanoparticles-A Review. *Tropical Journal Pharmaceutical Research*, 5(1), 561-573.
- Molyneux, P. (2004a). The Use of The Stable Free Radical Diphenylpicryl-Hydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 50(June 2003), 211–219.
- Muchtaromah, B., Habibie, S., Ma'arif, B., Ramadhan, R., Savitri, E. S., & Maghfuroh, Z. (2021). Comparative analysis of phytochemicals and antioxidant activity of ethanol extract of *Centella asiatica* leaves and its nanoparticle form. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 5(3), 465-469.
- Mujiyanti, D. R., Surianthy, M. D., & Junaidi, A. B. (2019). Kajian Karakterisasi Nanosilika dari Tetraethylorthosilicate (TEOS) dengan Penambahan Polivinil Alkohol (PVA) Menggunakan Scanning Electron Microscopy dan Particle Size Analyzer. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 16(2), 103-111.
- Mukherji, S., Bharti, S., Shukla, G., & Mukherji, S. (2018). Synthesis and Characterization of Size- and Shape-Controlled Silver Nanoparticles. *Physical Sciences Reviews*, 0(0).
- Muzamil, M., Khalid, N., Aziz, M. D., & Abbas, S. A. (2014, June). Synthesis of silver nanoparticles by silver salt reduction and its characterization. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 60, No. 1, p. 012034). IOP Publishing.
- Naganthran, A., Verasoundarapandian, G., Khalid, F. E., Masarudin, M. J., Zulkharnain, A., Nawawi, N. M., ... & Ahmad, S. A. (2022). Synthesis, Characterization and Biomedical Application of Silver Nanoparticles. *Materials*, 15(2), 427.

- Nahak, G., & Sahu, R. K. (2011). Evaluation in comparative antioxidant activity of *Curcuma longa* & *Curcuma aromatica*. *Natural Products: An Indian Journal*, 7(2), 57-60.
- Neculai-Văleanu, S., Ariton, A. M., Matei, A. C., Mădescu, B. M., Davidescu, M. A., Poroşnicu, I., & Creangă, Ş. (2021). Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Curcuma longa* Plant Extract and Their Possible Applications. *Scientific Papers-Animal Science Series: Lucrări Ştiinţifice - Seria Zootehnie*, vol. 75.
- Nidianti, E., Wulandari, D. D., Aini, F. N., & Sari, H. R. (2021). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Perak Yang Mengandung Kurkumin Sebagai Kandidat Awal Obat Antikanker. *JFSP: Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*, 7(2), 113-119.
- Nidom, C. A., Ansori, A. N., Nidom, A. N., Indrasari, S., & Nidom, R. V. (2023). Curcumin from *Curcuma longa* L. as Dual Inhibitors Against Indonesian SARS-CoV-2 Isolates: A Molecular Docking Study. *Pharmacognosy Journal*, 15(1).
- Noordam, E. R., Rahmat, D., Sandhiutami, N. M. D., & Yuliana, N. D. (2025). Quality Parameter Analysis, Antioxidant Activity, and FTIR Profile of Turmeric (*Curcuma longa* L.) from Medan, Sumba, and Papua. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, 5(1).
- Nuraeni, W., Daruwati, I., Widyasari, E. M., & Sriyani, M. E. (2013). Verifikasi Kinerja Alat *Particle Size Analyzer* (PSA) HORIBA LB-550 untuk Penentuan Distribusi Ukuran Nanopartikel. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*.
- Nurcahyo, R. Y., & Wibawa, P. J. (2022). Fabrikasi ramah lingkungan komposit nano karbon aktif-partikel perak dan uji aktifitas antibakterinya. *Greensphere: Journal of Environmental Chemistry*, 2(1), 31-37.
- Nury, D. F., Febriyanto, P., Arum, A. S., Mayastuti, S., & Luthfi, M. Z. (2023). Biosynthesis of silver nanoparticles (AgNP) using leaves extract of *Jatropha Curcas* L. *Konversi*, 12(2).
- Nurhasnawati, H., Sukarmi, S., & Handayani, F. (2017). Perbandingan Metode Ekstraksi Maserasi dan Sokletasi terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Jambu Bol (*Syzygium malaccense* L.). *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 3(1), 91-95.
- Oghenejobo, M., Opajobi, O. A., Bethel, U. O., & Uzuegbu, U. E. (2022). Determination of Antibacterial Evaluation, Phytochemical Screening and Ascorbic Acid Assay of Turmeric (*Curcuma longa*). *Challenges and Adv. Pharm. Res*, 1, 146–161.
- Oktavia, I. N., & Sutoyo, S. (2021). Review Artikel: Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Tumbuhan Sebagai Bahan Antioksidan. *UNESA Journal of Chemistry*, 10(1), 37-54.
- Paul, S., Mohanram, K., & Kannan, I. (2018). Antifungal activity of curcumin-silver nanoparticles against fluconazole-resistant clinical isolates of *Candida* species. *AYU (An international quarterly journal of research in Ayurveda)*, 39(3), 182-186.

- Permatananda, P. A. N. K., Aryastuti, A. A. S. A., Cahyawati, P. N., Udiyani, D. P. C., Wijaya, D., Pandit, I. G. S., & Wirajaya, A. A. N. M. (2021, April). Phytochemical and Antioxidant Capacity Test on Turmeric Extract (*Curcuma longa*) Traditionally Processed in Bali. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1869, No. 1, p. 012035). IOP Publishing.
- Purwakusumah, E. D., Rafi, M., Safitri, U. D., Nurcholis, W., & Adzkiya, M. A. Z. (2014). Identifikasi dan autentikasi jahe merah menggunakan kombinasi spektroskopi FTIR dan kemometrik. *Agritech*, 34(1), 82-87.
- Putra, K. D. A., Pradnyaswari, G. A. D., & Setyawan, E. I. (2023). Potensi *Nanostructured Lipid Carrier* (NLC) dengan Zat Aktif Ekstrak Herba Pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urb.) sebagai Sediaan Topical Gel Anti-photoaging. *Prosiding Workshop Dan Seminar Nasional Farmasi*, 1, 295–312.
- Rahman, S., Rahman, L., Khalil, A. T., Ali, N., Zia, D., Ali, M., & Shinwari, Z. K. (2019). Endophyte-mediated synthesis of silver nanoparticles and their biological applications. *Applied microbiology and biotechnology*, 103, 2551-2569.
- Rahmawati, S. I., Hidayatullah, S., & Suprayatmi, M. (2017). Ekstraksi Fikosianin dari *Spirulina* Plantesis sebagai Biopigmen dan Antioksidan. *Jurnal Pertanian*, 8(1), 36-45.
- Ramadhan, R. 2019. Aktivitas Antioksidan dan Potensi Obat Oral Senyawa Nanopartikel Ekstrak Pegagan (*Centella asiatica*) Tersalut Kitosan berdasarkan Hasil Analisis LCMS. *Skripsi*, Malang: UIN Maliki Malang.
- Risana, M. Z., Priatmoko, S., Yati, I., Tachrim, Z. P., & Andreani, A. S. (2024). Sensitive and Selective Colorimetric Sensor Detection of Sn (II): An Aqueous, Paper, and Gel-Based Method by Green Biomimetic Silver Nanoparticles. *Talanta Open*, 100340.
- Rudrapal, M., & Wiley, J. (Eds.). (2022). *Phytoantioxidants and nanotherapeutics*. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Sabir, S. M., Zeb, A., Mahmood, M., Abbas, S. R., Ahmad, Z., & Iqbal, N. (2020). Phytochemical analysis and biological activities of ethanolic extract of *Curcuma longa* rhizome. *Brazilian Journal of Biology*, 81(3), 737-740.
- Sari, D. K., Wardhani, D. H., & Prasetyaningrum, A. (2013). Kajian Isolasi Senyawa Fenolik Rumput Laut (*Euceuma cottonii*) Berbantu Gelombang Micro dengan Variasi Suhu dan Waktu. *Jurnal Teknik Kimia*, 3(19), 38–43.
- Sattar, Z. A., Mohammed, A. M., & Khalaf, Y. H. (2024). Green Synthesis of *Curcuma longa*-Mediated Palladium Nanoparticles as Antioxidant, Antimicrobial, and Anticancer Agents. *Results in Chemistry*, 9, 101675.
- Satyavani, K., Ramanathan, T., & Gurudeeban, S. (2011). Green synthesis of silver nanoparticles by using stem derived callus extract of bitter apple (*Citrullus colocynthis*). *Dig J Nanomater Biostruct*, 6(3), 1019-1024.
- Savitri, E. S., & Efendi, A. (2021). Aktivitas Antioksidan dan Penghambatan Enzim Kolagenase Nanopartikel Perak Menggunakan Alga Merah *Gracilaria verrucosa*. In *Prosiding SEMNAS BIO 2021* (pp. 789-800).
- Savitri, E. S., Minarno, E. B., & Azizah, L. (2023, May). Characterization, Antioxidant, and Antibacterial Activity Silver Nanoparticle of *Gelidium*

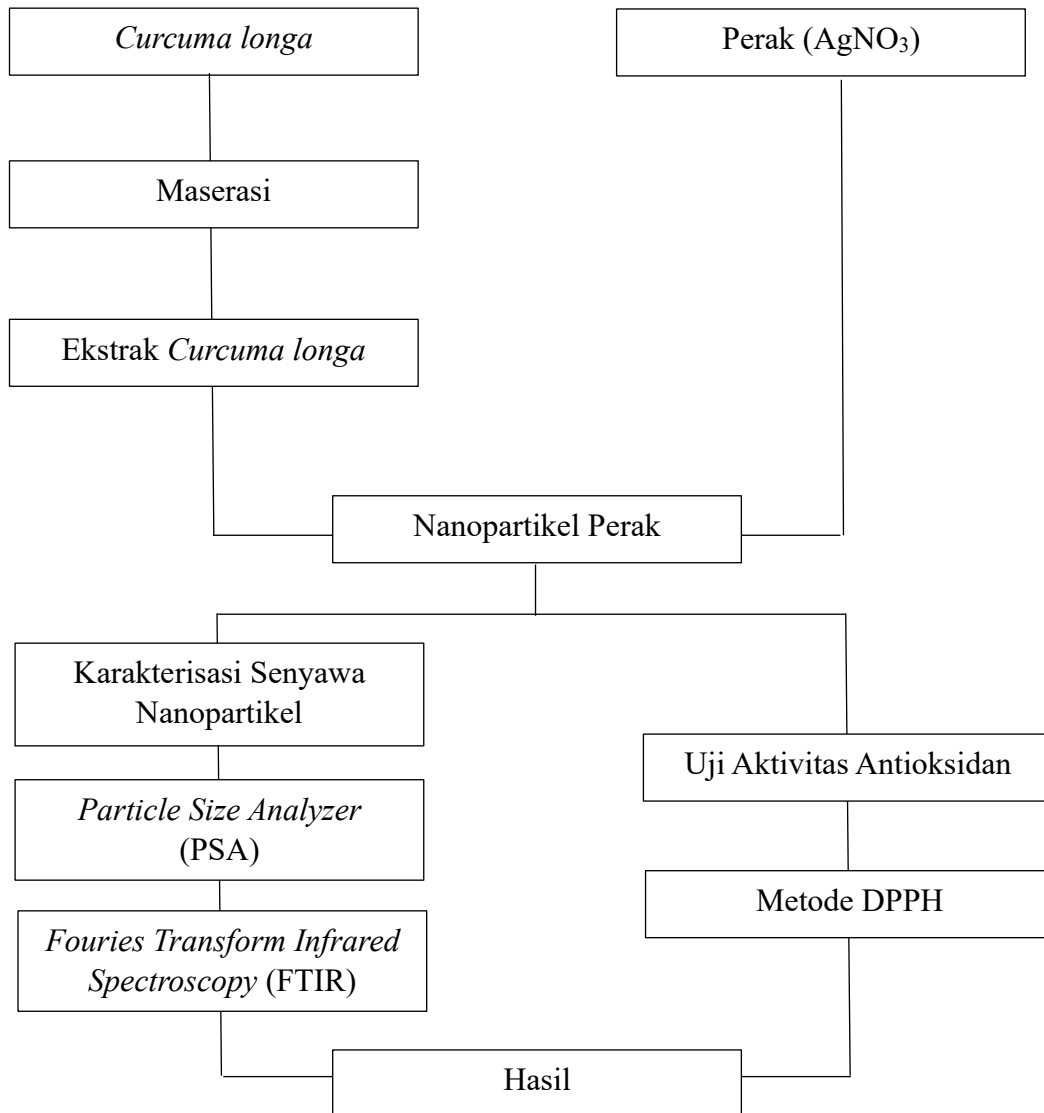
- spinosum*. In *12th International Conference on Green Technology (ICGT 2022)* (pp. 45-59). Atlantis Press.
- Segneanu, A. E., Vlase, G., Lukinich-Gruia, A. T., Herea, D. D., & Grozescu, I. (2022). Untargeted metabolomic approach of *Curcuma longa* to neurodegenerative phytocARRIER system based on silver nanoparticles. *Antioxidants*, *11*(11), 2261.
- Selvan, D. A., Mahendiran, D., Kumar, R. S., & Rahiman, A. K. (2018). Garlic, Green Tea and Turmeric Extracts-Mediated Green Synthesis of Silver Nanoparticles: Phytochemical, Antioxidant and In Vitro Cytotoxicity Studies. *Journal of photochemistry and photobiology b: biology*, *180*, 243-252.
- Septriani, Y., & Muldarisnur, M. (2022). Kontrol Ukuran Nanopartikel Perak dengan Variasi Konsentrasi Ekstrak Kulit Buah Manggis. *Jurnal Fisika Unand*, *11*(1), 68-74.
- Shameli, K., Ahmad, M. B., Zamanian, A., Sangpour, P., Shabanzadeh, P., Abdollahi, Y., & Zargar, M. (2012). Green biosynthesis of silver nanoparticles using *Curcuma longa* tuber powder. *International journal of nanomedicine*, 5603-5610.
- Shan, C. Y., & Iskandar, Y. (2018). Studi Kandungan Kimia dan Aktivitas Farmakologi Tanaman Kunyit (*Curcuma longa* L.). *Farmaka*, *16*(2).
- Sharma, N. K., Vishwakarma, J., Rai, S., Alomar, T. S., AlMasoud, N., & Bhattarai, A. (2022). Green Route Synthesis and Characterization Techniques of Silver Nanoparticles and Their Biological Adeptness. *ACS Omega*, *7*(31), 27004-27020.
- Shihab, M. Q. (2012). *Tafsir al-Misbah Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Quran*. Jakarta: Lentera Hati.
- Shihab, M. Q. (2002). *Tafsir Al-Mishbah*. Volume 10. Jakarta: Lentera Hati.
- Singh, P., Kim, Y. J., Zhang, D., & Yang, D. C. (2016). Biological synthesis of nanoparticles from plants and microorganisms. *Trends in biotechnology*, *34*(7), 588-599.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2007). *Principles of Instrumental Analysis*. 6th Edition. USA: Thompson Brooks.
- Socrates, G. (2004). *Infrared and Raman characteristic group frequencies: tables and charts*. John Wiley & Sons.
- Soejana, F. A., Hambali, E., & Farobie, O. (2024). Sintesis keton dari asam lemak stearat dengan katalis layered double hydroxide (LDH) Mg-Al-Cu. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, *18*(2), 373-380.
- Srivastava, B. B. L., Ripanda, A. S., & Mwanga, H. M. (2022). Ethnomedicinal, Phytochemistry and Antiviral Potential of Turmeric (*Curcuma longa*). *Compounds*, *2*(3), 200-221.
- Stati, G., Rossi, F., Trakoolwilaiwan, T., Tung, L. D., Mourdikoudis, S., Thanh, N. T. K., & Di Pietro, R. (2022). Development and characterization of curcumin-silver nanoparticles as a promising formulation to test on human pterygium-derived keratinocytes. *Molecules*, *27*(01), 282.
- Sutrisna, E. M. (2016). *Herbal Medicine: Suatu Tujuan Farmakologis*. Muhammadiyah University Press.

- Suwal, N., Bashyal, S., Paudyal, P., Khanal, D. P., Suwal, N., Dhaubanjari, S., ... & Paudel, K. R. (2025). Comparative Assessment of Antibiofilm And Antioxidant Activities Between *Curcuma longa* Silver nano Particles And Ethanolic Extract of *Curcuma longa*. *Next Research*, 100447.
- Syahrizal, D. (2013). Pengaruh Proteksi Vitamin C Terhadap Enzim Transaminase dan Gambaran Histopatologis Hati Mencit yang Dipapar Plumbun. *Tesis*. Universitas Sumatera Utara.
- Syukri, Y. (2022). *Pengobatan Islam serta Teknologi Terkini yang digunakan untuk Pengembangan Tanaman Obat yang Disebutkan dalam Al-Quran dan Hadis Rasulullah SAW*. Jakarta: Penerbit Universitas Islam Indonesia.
- Tanur, E., Ehrice, I. N., Fachrial, E., & Girsang, E. (2020). Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) And Inhibition Of Collagenase Enzyme Activity From Ethanol Extract Of Pineapple (*Ananas cosmus* (L .) Merr) Core. *American Scientific Research Journal For Engineering, Technology, And Sciences (ASRJETS)*, 70(1), 99–105.
- Thirunavoukkarasu, M., Balaji, U., Behera, S., Panda, P. K., & Mishra, B. K. (2013). Biosynthesis of Silver Nanoparticle from Leaf Extract of *Desmodium gangeticum* (L.) DC. and its Biomedical Potential. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 116, 424-427.
- Tortella, G. R., Rubilar, O., Durán, N., Diez, M. C., Martínez, M., Parada, J., & Seabra, A. B. (2020). Silver Nanoparticles: Toxicity in Model Organisms as an Overview of its Hazard for Human Health and The Environment. *Journal of Hazardous Materials*, 390(September 2019), 121974.
- Tristantini, D., Ismawati, A., Pradana, B. T., & Jonathan, J. G. (2016). Pengujian Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode DPPH pada Daun Tanjung (*Mimusops elengi* L). In *Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"* (p. 1).
- U Din, M. M., Batool, A., Ashraf, R. S., Yaqub, A., Rashid, A., & U Din, N. M. (2024). Green synthesis and characterization of biologically synthesized and antibiotic-conjugated silver nanoparticles followed by post-synthesis assessment for antibacterial and antioxidant applications. *ACS omega*, 9(17), 18909-18921.
- Widiyanti, P., Rudiardjo, D. I., Wibowo, H., & Hanum, A. (2020). Hyaluronic Acid-Chitosan/AgNPs Hydrogel Green Synthesis from *Curcuma longa* as Antibacterial Anti Intraperitoneal Adhesion. *Journal of International Dental and Medical Research*, 13(3), 1204-1210.
- Winarsih, H. (2007). *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Kanisius
- Windarsih, G., Utami, D. W., & Yuriyah, S. (2021). Morphological characteristics of zingiberaceae in serang district, banten, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(12).
- Wulandari, D. A., & Safaat, M. (2021). Peran Nanopartikel dalam Menghambat Pertumbuhan Parasit Plasmodium Penyebab Malaria. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*, 8(1), 124-136.
- Wulandari, R., Martono, S., & Rohman, A. (2018). Liquid Chromatography and Fourier Transform Infrared Spectroscopy for Quantitative Analysis of

- Individual and Total Curcuminoid in *Curcuma longa* Extract. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 8(9), 107-113.
- Yulianti, W., Ayuningtyas, G., Martini, R., & Resmeiliana, I. (2021). Pengaruh Metode Ekstraksi dan Polaritas Pelarut Terhadap Kadar Fenolik Total Daun Kersen (*Muntingia calabura* L). *Jurnal Sains Terapan*, 10(2), 41–49.
- Yunita, E., & Khodijah, Z. (2020). Pengaruh Konsentrasi Pelarut Etanol saat Maserasi terhadap Kadar Kuersetin Ekstrak Daun Asam Jawa (*Tamarindus indica* L.) secara Spektrofotometri UV-Vis. *PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia (Pharmaceutical Journal of Indonesia)*, 17(2), 273.
- Zhang, S., Yang, X., Gertsen, H., Peters, P., Salánki, T., & Geissen, V. (2018). A Simple Method for the Extraction and Identification of Light Density Microplastics from Soil. *Science of the Total Environment*, 616, 1056-1065.
- Zhang, X. F., Liu, Z. G., Shen, W., & Gurunathan, S. (2016). Silver Nanoparticles: Synthesis, Characterization, Properties, Applications, and Therapeutic Approaches. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(9), 1534.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Rancangan Penelitian



Lampiran 2. Persiapan Sampel

2.1 Ekstraksi Maserasi

Curcuma longa

- Ditimbang 100 gr simplisia *Curcuma longa*
- Dimasukkan ke gelas beaker berukuran 1 liter.
- Ditambahkan etanol 96% 500 ml sebagai pelarut.
- Diaduk menggunakan *shaker* hingga homogen selama 6 jam dengan kecepatan 140 rpm.
- Ditutup rapat dan disimpan dalam ruangan yang gelap.

- Disaring menggunakan kertas saring Whitman No. 1 setiap 1 x 24 jam
- Diekstraksi selama 2 x 24 jam.
- Diuapkan menggunakan *rotary evaporator*.

Ekstrak *Curcuma longa*

2.2 Pembuatan Nanopartikel Perak dengan Metode *Green Synthesis*

Ekstrak *Curcuma longa*

- Ditimbang perak nitrat (AgNO_3) sebanyak 0,014 gr.
- Dimasukkan ke gelas beaker.
- Ditambahkan aquabides sebanyak 80 ml sebagai pelarut.
- Ditambahkan sebanyak 20 ml ekstrak *Curcuma longa* ke dalam gelas beaker.
- Diaduk menggunakan magnetic stirrer pada suhu 65°C selama 15 menit.
- Diamati perubahan warna yang terjadi pada larutan setelah 24 jam.

Nanopartikel perak *Curcuma longa*

2.3 Identifikasi Ukuran Nanopartikel Perak Menggunakan PSA

Nanopartikel perak *Curcuma longa*

- Dimasukkan nanopartikel perak ke dalam tabung reaksi.
- Diaduk menggunakan vortex agar partikel terdispersi merata.
- Dimasukkan ke dalam kuvet hingga setengah penuh.
- Dipastikan kuvet bersih dan bebas gelembung udara agar hasil pengukuran akurat
- Dimasukkan kuvet ke dalam ruang sampel pada PSA.
- Diamati hasil pengukuran dalam bentuk grafik pada perangkat komputer.

Hasil

2.4 Identifikasi Gugus Fungsi Nanopartikel Perak Menggunakan FTIR

Sampel Cairan

- Dipipet sedikit sampel dan diteteskan pada suatu bagian lempeng kalium bromide (KBr).
- Dipasangkan lempeng kalium bromide yang lain hingga sampel merata dan tidak ada gelembung.
- Diidentifikasi pada bilangan gelombang $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ menggunakan FTIR.

Hasil

Sampel Padatan

- Digerus dengan kalium bromide menggunakan mortar agate.
- Dimasukkan dalam lempeng pembuatan pelet.
- Divakumkan untuk menghilangkan kadar air.
- Dipress pada tekanan 80 torr selama 10 menit.
- Diidentifikasi pada bilangan gelombang 4000-400 cm⁻¹ menggunakan FTIR.

Hasil

2.5 Uji Aktivitas Antioksidan

Nanopartikel Perak *Curcuma longa*

- Dibuat larutan uji dengan cara mengencerkan dengan seri konsentrasi 6, 8, 12, 14, 16 ppm sebanyak 4 ml.
- Diambil larutan uji dari masing-masing seri konsentrasi sebanyak 500 µL untuk dipindahkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 500 µL DPPH 0,1 mM.
- Diinkubasi dalam kondisi gelap selama 30 menit.
- Dilakukan pembacaan absorbansi menggunakan spektrofotometer dengan Panjang gelombang 517 nm dan dilakukan pembacaan sebanyak 3 kali setiap sampel.
- Dihitung aktivitas antioksidan dalam nilai IC₅₀.

Hasil

Lampiran 3. Perhitungan Pembuatan Larutan AgNO₃ 1 mM

1. Berat molekul : 169,87 g/mol
 Konsentrasi yang dibutuhkan (m) : 1 mM → 0,001 mol/L
 Volume yang dibutuhkan : 80 ml → 0,08 L
 Massa (m) AgNO₃ yang dibutuhkan untuk membuat 80 ml konsentrasi 1 mM adalah sebagai berikut:

$$M = \frac{\text{massa}}{\text{BM} \times V} \rightarrow \frac{1}{1000} = \frac{x}{169,87 \times 0,08} \rightarrow x = \frac{169,87 \times 0,08}{1000} = \mathbf{14 \text{ mg}}$$

Lampiran 4. Perhitungan Pembuatan Larutan Uji Aktivitas Antioksidan

1. Pembuatan Larutan DPPH

- Berat molekul : 394,33 g/mol
 Konsentrasi yang dibutuhkan : 40 ppm
 Volume yang dibutuhkan : 100 ml → 0,1 L
 Massa (m) DPPH yang dibutuhkan untuk membuat 100 ml konsentrasi 40 ppm adalah sebagai berikut:

$$M = \frac{\text{massa}}{\text{BM} \times V} \rightarrow \frac{1}{1000} = \frac{x}{394,33 \times 0,1} \rightarrow x = \frac{394,33 \times 0,01}{1000} = 0,394 \sim \mathbf{4 \text{ mg}}$$

2. Pembuatan Larutan Uji Nanopartikel

Larutan stok nanopartikel perak adalah sebagai berikut:

$$\frac{\text{Berat nanopartikel}}{\text{pelarut (mL)}} = \frac{0,5 \text{ mg}}{100} = 500 \text{ ppm}$$

2.1 Konsentrasi 6 ppm

$$M1.V1 = M2.V2$$

$$500.V1 = 6.10$$

$$V1 = 60/500$$

$$V1 = 0,12 \text{ ml}$$

2.2 Konsentrasi 8 ppm

$$M1.V1 = M2.V2$$

$$500.V1 = 8.10$$

$$V1 = 80/500$$

$$V1 = 0,16 \text{ ml}$$

2.3 Konsentrasi 12 ppm

$$M1.V1 = M2.V2$$

$$100.V1 = 12.10$$

$$V1 = 120/500$$

$$V1 = 0,24 \text{ ml}$$

2.4 Konsentrasi 14 ppm

$$M1.V1 = M2.V2$$

$$100.V1 = 14.10$$

$$V1 = 140/500$$

$$V1 = 0,28 \text{ ml}$$

2.5 Konsentrasi 16 ppm

$$M1.V1 = M2.V2$$

$$500.V1 = 16.10$$

$$V1 = 160/500$$

$$V1 = 0,32 \text{ ml}$$

3. Pembuatan Larutan Uji Ekstrak

Larutan stok ekstrak adalah sebagai berikut:

$$\frac{\text{Berat nanopartikel}}{\text{pelarut (mL)}} = \frac{0,5 \text{ mg}}{100} = 500 \text{ ppm}$$

3.1 Konsentrasi 10 ppm

$$M1.V1 = M2.V2$$

$$500.V1 = 10.10$$

$$V1 = 100/500$$

$$V1 = 0,2 \text{ ml}$$

3.2 Konsentrasi 15 ppm

$$M1.V1 = M2.V2$$

$$500.V1 = 15.10$$

$$V1 = 150/500$$

$$V1 = 0,3 \text{ ml}$$

3.3 Konsentrasi 20 ppm

$$M1.V1 = M2.V2$$

$$500.V1 = 20.10$$

$$V1 = 200/500$$

$$V1 = 0,4 \text{ ml}$$

3.4 Konsentrasi 25 ppm

$$M1.V1 = M2.V2$$

$$500.V1 = 25.10$$

$$V1 = 250/500$$

$$V1 = 0,5 \text{ ml}$$

3.5 Konsentrasi 30 ppm

$$M1.V1 = M2.V2$$

$$500.V1 = 30.10$$

$$V1 = 300/500$$

$$V1 = 0,6 \text{ ml}$$

4. Pembuatan Larutan Standar (Asam Askorbat)

Larutan stok asam askorbat adalah sebagai berikut:

$$\frac{\text{Berat nanopartikel}}{\text{pelarut (mL)}} = \frac{0,2 \text{ mg}}{100} = 200 \text{ ppm}$$

4.1 Konsentrasi 1 ppm

$$M1.V1 = M2.V2$$

$$200.V1 = 1.10$$

$$V1 = 10/200$$

$$V1 = 0,05 \text{ ml}$$

4.2 Konsentrasi 2 ppm

$$M1.V1 = M2.V2$$

$$200.V1 = 2.10$$

$$V1 = 20/200$$

$$V1 = 0,1 \text{ ml}$$

4.3 Konsentrasi 4 ppm

$$M1.V1 = M2.V2$$

$$200.V1 = 4.10$$

$$V1 = 40/200$$

$$V1 = 0,2 \text{ ml}$$

4.4 Konsentrasi 5 ppm

$$M1.V1 = M2.V2$$

$$200.V1 = 5.10$$

$$V1 = 50/200$$

$$V1 = 0,25 \text{ ml}$$

4.5 Konsentrasi 6 ppm

$$M1.V1 = M2.V2$$

$$200.V1 = 6.10$$

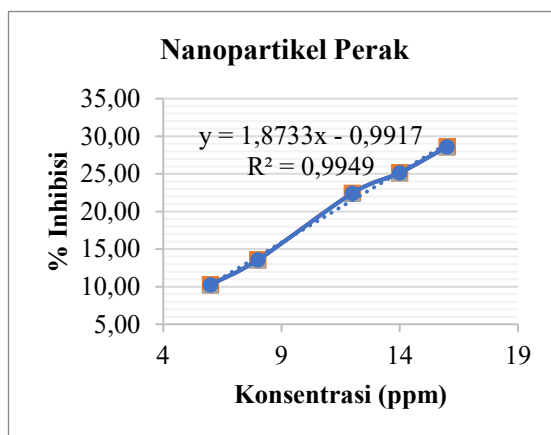
$$V1 = 60/200$$

$$V1 = 0,3 \text{ ml}$$

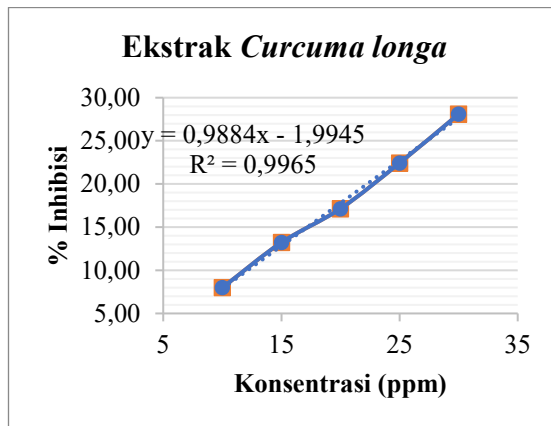
Lampiran 5. Hasil Uji Aktivitas Nanopartikel Perak, Ekstrak *Curcuma longa*, dan Asam Askorbat

Sampel	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (A)			Rata-Rata Absorbansi	% Inhibisi	IC ₅₀	Kategori
		1	2	3				
Nanopartikel Perak	6	0,544	0,543	0,542	0,543	10,25	27,2203	Sangat Kuat
	8	0,524	0,523	0,522	0,523	13,55		
	12	0,47	0,469	0,469	0,46933	22,42		
	14	0,454	0,453	0,452	0,453	25,12		
	16	0,433	0,432	0,431	0,432	28,60		
Ekstrak <i>Curcuma longa</i>	10	0,557	0,557	0,556	0,55667	7,99	52,6047	Kuat
	15	0,525	0,525	0,525	0,525	13,22		
	20	0,502	0,501	0,501	0,50133	17,13		
	25	0,47	0,469	0,469	0,46933	22,42		
	30	0,435	0,435	0,435	0,435	28,10		
Asam Askorbat	1	0,578	0,578	0,578	0,578	4,46	17,0363	Sangat Kuat
	2	0,562	0,561	0,562	0,56167	7,16		
	4	0,531	0,531	0,531	0,531	12,23		
	5	0,509	0,508	0,508	0,50833	15,98		
	6	0,492	0,492	0,492	0,492	18,68		

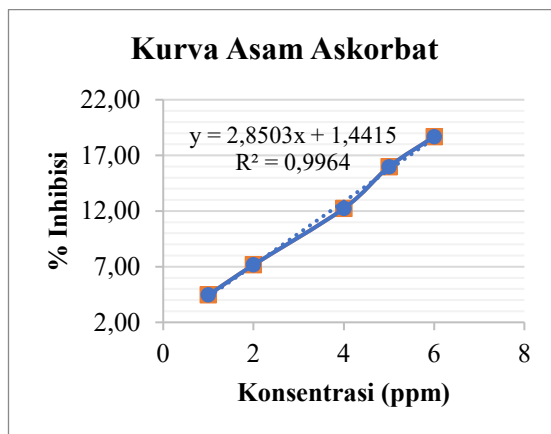
Lampiran 6. Kurva Regresi Linier Aktivitas Antioksidan Nanopartikel Perak, Ekstrak *Curcuma longa*, dan Asam Askorbat



y	a	bx
50	1,8733	- 0,9917
IC ₅₀ =	(50-a)/bx	
IC ₅₀ =	27,22025	

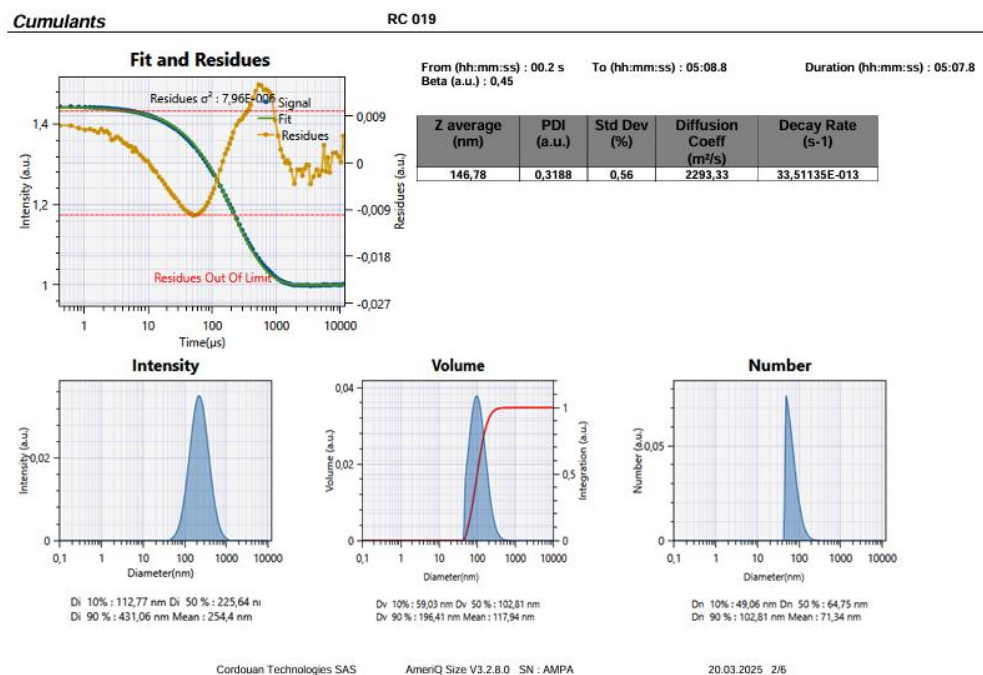


y	a	bx
50	0,9884	- 1,9945
$IC_{50} = (50-a)/bx$		
$IC_{50} = 52,6047147$		



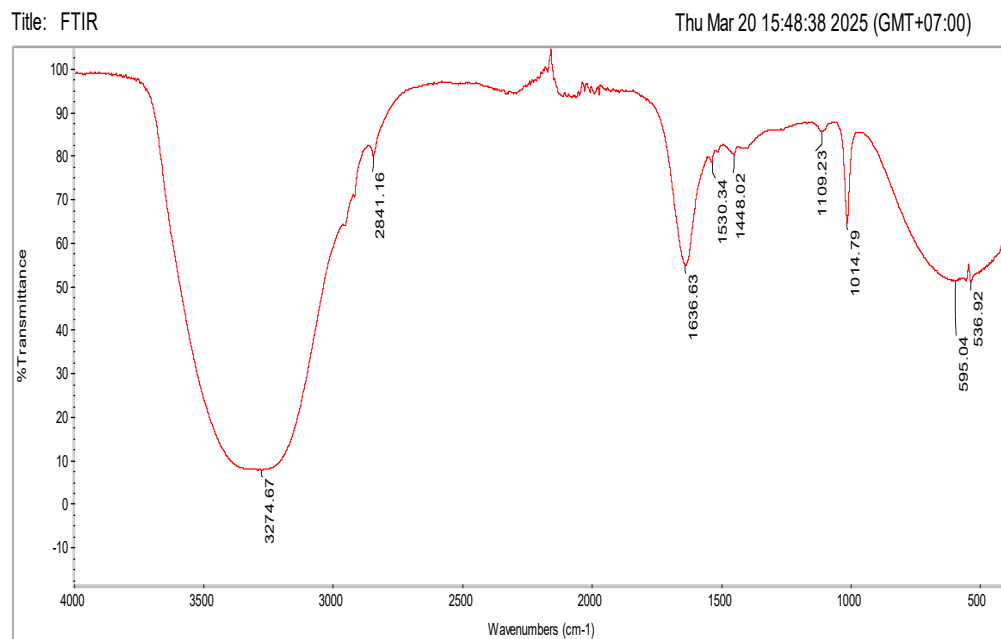
y	a	bx
50	2,8503	1,4415
$IC_{50} = (50-a)/bx$		
$IC_{50} = 17,036277$		

Lampiran 7. Identifikasi Ukuran Nanopartikel Perak Menggunakan PSA

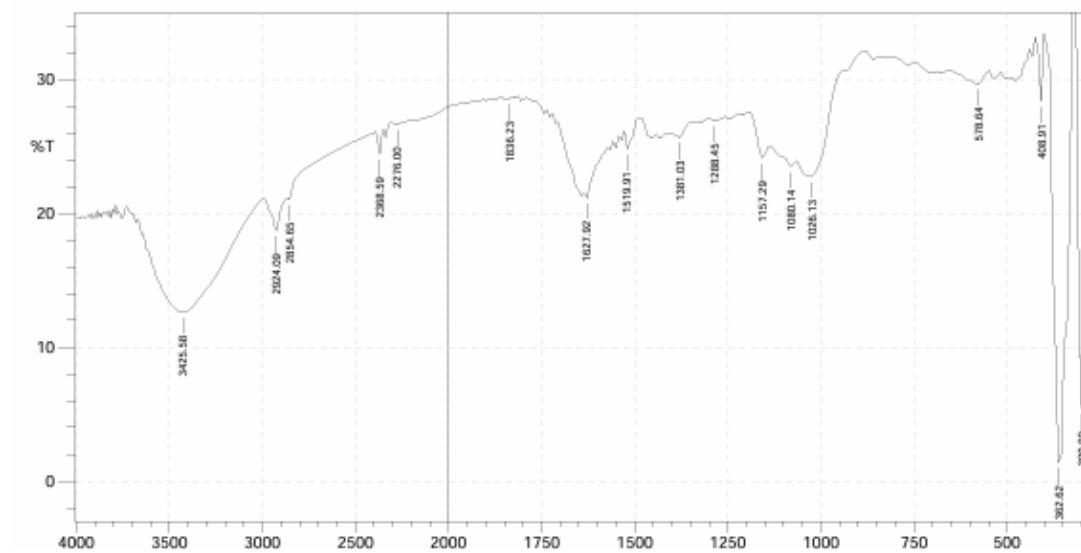


Lampiran 8. Identifikasi Gugus Fungsi Nanopartikel Perak, Ekstrak *C.longa*, dan AgNO₃ Menggunakan FTIR

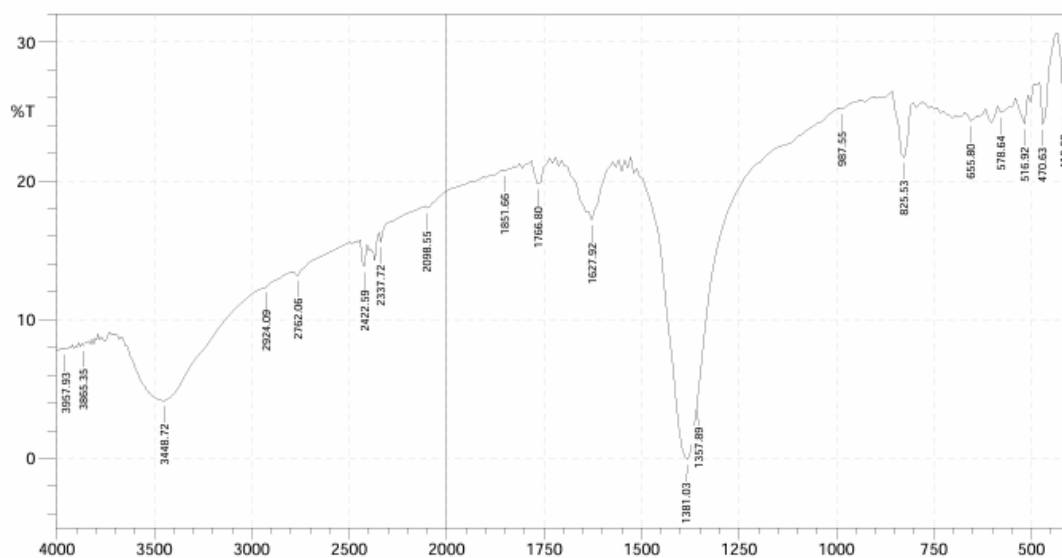
8.1 Spektrum FTIR Sampel Nanopartikel Perak



8.2 Spektrum FTIR Sampel Ekstrak *C.longa*



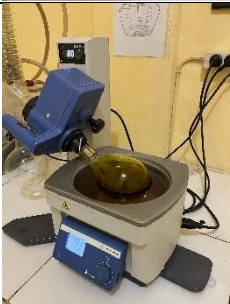
8.3 Spektrum FTIR Sampel AgNO₃



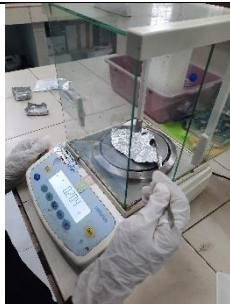
Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian

9.1 Persiapan dan Ekstraksi Sampel

No.	Perlakuan	Keterangan
1.		Serbuk simplisia ditimbang sebanyak 100 gr
2.		Proses ekstraksi menggunakan pelarut 96% dengan metode maserasi selama 2 x 24 jam
3.		Penggunaan <i>shaker</i> selama 6 jam dengan kecepatan 140 rpm

4.		Proses penyaringan ekstrak dilakukan setiap 1 x 24 jam menggunakan kertas saring Whitman No. 1
5.		Hasil ekstrak yang diperoleh setelah proses maserasi selama 2 x 24 jam sebanyak 900 ml
6.		Ekstrak dikentalkan menggunakan <i>rotary evaporator</i>
7.		Hasil ekstrak kental

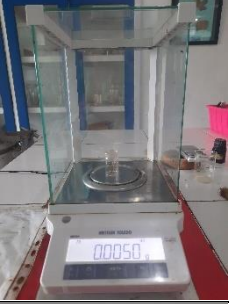
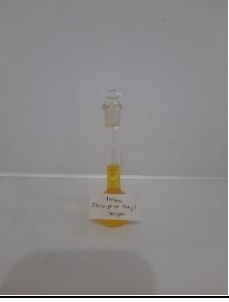
9.2 Sintesis Nanopartikel Perak *Curcuma longa*

No.	Perlakuan	Keterangan
1.		Penimbangan perak nitrat (AgNO_3)

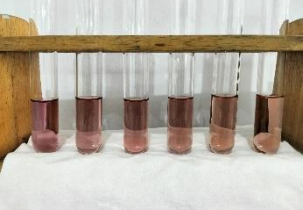
2.		Pencampuran perak nitrat 1mM dengan 80 ml aquabides
3.		Pencampuran AgNO ₃ dan ekstrak
4.		Pengadukan campuran AgNO ₃ dan ekstrak
5.		Hasil campuran AgNO ₃ dan ekstrak setelah 24 jam
6.		Sampel nanopartikel perak sebelum di <i>freeze dry</i>

7.		Penimbangan sampel nanopartikel perak setelah di <i>freeze drying</i>
----	---	---

9.3 Uji Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH

No.	Perlakuan	Keterangan
1.		Penimbangan serbuk DPPH
2.		Pembuatan larutan stok DPPH konsentrasi 400 ppm
3.		Penimbangan nanopartikel perak
4.		Pembuatan larutan stok nanopartikel perak konsentrasi 500 ppm

8.		Penimbangan serbuk ekstrak
9.		Pembuatan larutan stok ekstrak konsentrasi 500 ppm
10.		Penimbangan asam askorbat
11.		Pembuatan larutan stok asam askorbat konsentrasi 200 ppm
12.		Pengujian antioksidan nanopartikel perak

13.		Pengujian antioksidan ekstrak
14.		Pengujian antioksidan asam askorbat (kontrol)



JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 210602110069
Nama : SEKAR AULIA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan : BIOLOGI
Dosen Pembimbing 1 : Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si
Dosen Pembimbing 2 : Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL PERAK EKSTRAK RIMPANG KUNYIT (Curcuma longa)

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	04 Oktober 2024	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si	Konsultasi judul dan parameter penelitian	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
2	16 Oktober 2024	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si	Bimbingan BAB I	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
3	29 Oktober 2024	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si	Bimbingan dan Revisi BAB I	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
4	23 November 2024	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si	Bimbingan dan revisi BAB I, II, III	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
5	01 Desember 2024	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si	ACC BAB I, II, III	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
6	04 Desember 2024	Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag	Bimbingan integrasi BAB I dan II	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
7	20 Mei 2025	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si	Konsultasi hasil penelitian BAB IV	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
8	22 Mei 2025	Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag	Bimbingan integrasi BAB IV	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
9	23 Mei 2025	Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag	ACC Integrasi BAB IV	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
10	28 Mei 2025	Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si	Bimbingan BAB IV	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

Prof. Dr. H. MUNIRUL ABIDIN, M.Ag



Malang, _____

Dosen Pembimbing 1

Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

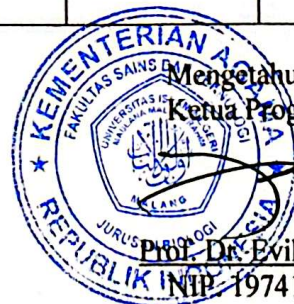
Form Checklist Plagiasi

Nama : Sekar Aulia

NIM : 210602110069

Judul : Sintesis, Karakterisasi dan Aktivitas Antioksidan Nanopartikel Perak Ekstrak Kunyit (*Curcuma longa*)

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si	236	
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
5	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc		



Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi

Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002