SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN KERSEN (*Muntingia calabura* L.) SEBAGAI ANTIJAMUR *Colletotrichum* sp.

THESIS

Oleh:
MAZIYATUL KHOIROH
NIM. 230602210003

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

SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN KERSEN (*Muntingia calabura* L.) SEBAGAI ANTIJAMUR *Colletotrichum* sp.

THESIS

Oleh:
MAZIYATUL KHOIROH
NIM.230602210003

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

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

SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN KERSEN (*Muntingia calabura* L.) SEBAGAI ANTIJAMUR *Colletotrichum* sp.

THESIS

Oleh:
MAZIYATUL KHOIROH
NIM. 230602210003

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Tanggal: 26 Juni 2025

Pembimbing I	Pembimbing II
Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P	**Dr. Akyunul Jannah, S.Si., M.P**
NIP. 19741018 200312 2 002	**NIP. 197504102005012009**

Mengetahui,
Ketua Program Studi Magister Biologi

Prof.Dr.drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si.
NIP. 19710919 2000 03 2 001

Dipindai dengan CamScanner

SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN KERSEN (*Muntingia calabura* L.) SEBAGAI ANTIJAMUR *Colletotrichum* sp.

THESIS

Oleh:
MAZIYATUL KHOIROH
NIM. 230602210003

Telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima
sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Magister Sains (M.Si)
Tanggal: 26 Juni 2025

Penguji Utama	:	Prof. Dr. Ulfah Utami, M. Si NIP. 19650509 199903 2 002	(.....)
Ketua Penguji	:	Dr. Muhammad Saefi, M.Pd NIP. 19920101202203 1 002	(.....)
Sekretaris Penguji	:	Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P NIP. 19741018 200312 2 002	(.....)
Anggota Penguji	:	Dr. Akyunul Jannah, S.Si., M.P NIP. 19750410200501 2 009	(.....)

Mengetahui,
Ketua Program Studi Magister Biologi

Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si.
NIP. 19710919 2000 03 2 001

Dipindai dengan CamScanner

HALAMAN PERSEMBAHAN

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

1. Bapak Kunari dan Ibu Nur Hidayati selaku orang tua tercinta yang selalu memberikan motivasi, mendoakan, memberikan dukungan baik materil maupun imateril sehingga penulis dapat menyelesaikan studi.
2. Mamluatul Maghfiroh selaku kakak tercinta yang mendukung dan memberikan semangat kepada penulis.
3. Alvian Pratama Kusdarianto selaku suami yang menemani, mendengarkan, membantu, dan mendukung setiap pencapaian yang dilakukan penulis.
4. Teman-teman terdekat : Venya dan Sasa yang selalu memberikan semangat, masukan, dan membantu baik akademik maupun non-akademik.

MOTTO

Man jadda wajada

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :
Nama : Maziyatul Khoiroh
NIM : 230602210003
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul : Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.) Sebagai Antijamur *Colletotrichum* Sp.

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

Malang, 07 Juli 2025
yang membuat pernyataan,

Maziyatul Khoiroh
NM. 230602210003

Dipindai dengan CamScanner

HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN THESIS

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

Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.) Sebagai Antijamur *Colletotrichum* Sp.

Maziyatul Khoiroh, Evika Sandi Savitri, Akyunul Jannah

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

ABSTRAK

Penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur Colletotrichum sp. menjadi hambatan utama dalam keberhasilan produksi tanaman cabai rawit. Penggunaan bahan alami sebagai agen pengendali penyakit menjadi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura* L.) sebagai agen bioreduksi dan penstabil, serta mengevaluasi efektivitasnya sebagai agen antijamur secara in vitro dan in vivo. Ekstrak daun kersen digunakan untuk mereduksi ion Ag+ menjadi nanopartikel perak, yang kemudian dikarakterisasi secara fisiko-kimia dengan PSA, SEM, dan FTIR untuk menentukan distribusi ukuran, morfologi, dan gugus fungsi yang berperan dalam biosintesis dan stabilisasi nanopartikel. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa nanopartikel memiliki rata-rata ukuran 124,4 nm dengan distribusi relatif homogen dan berbentuk bulat. Gugus fungsi yang terdapat didalamnya ada fenolik, alkana, alkuna, amida dan II, dan eter alkohol. Uji aktivitas antijamur secara in vitro menunjukkan efikasi penghambatan pertumbuhan *Colletotrichum* sp. sebesar 81,3%. Pada uji in vivo, aplikasi nanopartikel perak mampu menurunkan kejadian penyakit dari 81% pada kontrol akuades menjadi 4% pada konsentrasi 100% nanopartikel, sedangkan tingkat keparahan penyakit menurun dari berat (60%) menjadi sangat ringan (4%). Hasil ini menunjukkan bahwa nanopartikel biosintetik berbasis tanaman mempunyai potensi besar dalam pengendalian penyakit antraknosa, sebagai alternatif fungisida ramah lingkungan yang efektif.

Kata Kunci: *Colletotrichum sp., ekstrak daun kersen, nanopartikel perak, pengendalian antraknosa.*

Synthesis of Silver Nanoparticles Using Kersen Leaf Extract (Muntingia calabura L.) as an Antifungal Agent Against Colletotrichum Sp.

Maziyatul Khoiroh, Evika Sandi Savitri, Akyunul Jannah

Master's Program in Biology, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang

ABSTRACT

Anthracnose disease caused by the fungus Colletotrichum sp. is a major obstacle to the successful production of chili peppers. The use of natural materials as disease control agents offers an environmentally friendly and sustainable alternative. This study aims to synthesize silver nanoparticles using kersen leaf extract (Muntingia calabura L.) as a bioreduction agent and stabilizer, and to evaluate its effectiveness as an antifungal agent in vitro and in vivo. Kersen leaf extract was used to reduce Ag+ ions into silver nanoparticles, which were then characterized physicochemically using PSA, SEM, and FTIR to determine size distribution, morphology, and functional groups involved in nanoparticle biosynthesis and stabilization. Characterization results showed that the nanoparticles had an average size of 124.4 nm with a relatively homogeneous distribution and spherical shape. The functional groups present included phenolic, alkane, alkene, amide, and alcohol ether groups. In vitro antifungal activity testing demonstrated an 81.3% inhibition efficacy against Colletotrichum sp. growth. In the in vivo test, the application of silver nanoparticles reduced the incidence of disease from 81% in the distilled water control to 4% at a 100% nanoparticle concentration, while the severity of the disease decreased from severe (60%) to very mild (4%). These results indicate that plant-based biosynthetic nanoparticles have great potential in controlling anthracnose disease as an effective, environmentally friendly fungicide alternative.

Keywords: Colletotrichum sp., cherry leaf extract, silver nanoparticles, anthracnose control.

توليف جسيمات نانوية من الفضة باستخدام مستخلص أوراق شجرة الكيرسين (**Muntingia calabura L**.) كمضاد للفطريات **Colletotrichum Sp**.

Maziyatul Khoiroh, **Evika Sandi Savitri**, **Akyunul Jannah**

برنامج ماجستير في علم الأحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية في مالانج

ملخص

مرض أنتراكنوسا الذي يسببه الفطر **Colletotrichum sp**. يمثل عقبة رئيسية في نجاح إنتاج نبات الفلفل الحار. استخدام المواد الطبيعية كعوامل مكافحة الأمراض يعد بديلاً صديقاً للبيئة ومستداماً. تهدف هذه الدراسة إلى تصنيع جزيئات الفضة النانوية باستخدام مستخلص أوراق الكيرسين (**Muntingia calabura L**.) كعامل بيولوجي ومثبت، وتقييم فعاليته كعامل مضاد للفطريات في المختبر وفي الجسم الحي. يستخدم مستخلص أوراق الكيرسين لتقليل أيونات **Ag+** إلى جزيئات نانوية من الفضة، والتي يتم بعد ذلك توصيفها فيزيائياً وكيميائياً باستخدام **PSA** و **SEM** و **FTIR** لتحديد توزيع الحجم والمورفولوجيا والمجموعات الوظيفية التي تلعب دوراً في التخليق الحيوي واستقرار الجزيئات النانوية. أظهرت نتائج التوصيف أن الجسيمات النانوية لها متوسط حجم **124.4** نانومتر مع توزيع نسبي متجانس وشكل دائري. المجموعات الوظيفية الموجودة فيها هي الفينولية والألكانات والألكونات والأميدات **II** والإيثر الكحولي. أظهر اختبار النشاط المضاد للفطريات في المختبر فعالية تثبيط نمو **Colletotrichum sp**. بنسبة **81.3**٪. في الاختبار الحيوي، أدى استخدام جزيئات الفضة النانوية إلى خفض معدل الإصابة بالمرض من **81**٪ في المجموعة الضابطة التي استخدمت الماء المقطر إلى **4**٪ عند تركيز **100**٪ من الجزيئات النانوية، بينما انخفضت شدة المرض من شديدة (**60**٪) إلى خفيفة جدًا (**4**٪). تشير هذه النتائج إلى أن الجزيئات النانوية الحيوية النباتية لها إمكانات كبيرة في مكافحة مرض الأنثراكنوز، كبديل فعال ومناسب للبيئة لمبيدات الفطريات.

الكلمات المفتاحية: **Colletotrichum sp**.، مستخلص أوراق الكرز، جزيئات الفضة النانوية، مكافحة أنتراكنوزا.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Bismillahirrahmanirrahim. Puji syukur atas kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan thesis yang berjudul "Sintesis Nanopartikel Perak menggunakan Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.) sebagai Antijamur *Colletotrichum* sp.". Penyusunan thesis ini tidak dapat tewujud tanpa adanya dukungan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Muhammad Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Prof. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si Ketua Program Studi Magister Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P dan Dr. Akyunul Jannah, S.Si., M.P selaku pembimbing yang telah memberikan waktu, tenaga, dan pikiran selama bimbingan baik penulisan, metode penelitian, maupun konsep sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Bapak/Ibu dosen, Laboran, Staf Administrasi Jurusan Biologi yang membantu dan memberikan kemudahan, terima kasih atas semua ilmu dan bimbingannya.
7. Kedua orang tua Bapak Kunari dan Ibu Nurhidayati serta suami yang selalu memberikan doa, semangat, dan motivasi kepada penulis sampai saat ini.

Penulis berharap tulisan ini dapat menjadi manfaat bagi penulis dan pembaca.

Malang, 14 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul ……..

Halaman Persetujuan …… ii

Halaman Pengesahan …… iii

Halaman Persembahan …… iv

Halaman Pernyataan Keaslian Tulisan ……... vi

Halaman Pedoman Penggunaan Thesis …….. vii

Abstrak ……. viii

Abstract …… ix

ملخص ……. x

Kata Pengantar ……. xi

Daftar Isi …….. xii

Daftar Tabel ……. xv

Daftar Gambar ……. xvi

Daftar Lampiran …….. xvii

BAB I PENDAHULUAN …… 1

1.1 Latar Belakang …… 1

1.2 Rumusan Masalah …….. 9

1.3 Tujuan Penelitian …… 9

1.4 Manfaat ……... 10

1.5 Batasan Penelitian …….. 1 1

BAB II TINJAUAN PUSTAKA …….. 12

2.1 Jamur *Colletotrichum* sp. …….. 12

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Jamur *Colletotrichum* sp. ……... 12

2.1.2 Gejala dan Mekanisme Serangan Penyakit Antraknosa ……... 13

2.1.3 Daur Hidup Penyakit Antraknosa ……. 16

2.2 Tanaman Kersen (*Muntingia calabura* L.) ……. 18

2.2.1 Morfologi Tanaman Kersen …….. 18

2.2.2 Kandungan Daun Kersen …….. 21

2.3 Logam Perak (Ag) ……. 26

2.4 Nanopartikel Perak …… 27

2.5 Sintesis Nanopartikel …… 27

2.6 Sintesis Nanopartikel Perak secara *Top Down* dan *Botton Up* …….. 29

2.7 Biosintesis Nanopartikel Perak ……. 30

2.8 PVA …… 31

2.9 Karakteristik Nanopartikel …… 32

2.9.1 SEM …… 32

2.9.2 PSA ……. 33

2.9.3 FTIR …… 34

2.10 Penelitian Pendukung Sintesis Nanopartikel Perak yang Direduksi Tanaman sebagai Agen Antijamur …… 35

BAB III METODE PENELITIAN …….. 37

3.1 Rancangan Penelitian …… 37

3.2 Waktu dan Tempat …… 37

3.3 Alat dan Bahan …….. 37

3.4 Langkah Kerja ……... 38

3.4.1 Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Kersen …… 38

3.4.1.1 Preparasi Simplisia Ekstrak Daun Kersen ……. 38

3.4.1.2 Preparasi AgNO3 dan PVA …… 38

3.4.1.3 Ekstraksi Simplisia Daun Kersen ……... 39

3.4.1.4 Sintesis Nanopartikel Perak …… 39

3.4.1.5 Karakterisasi Nanopartikel Perak ……... 40

3.4.2 Uji Antifungi ……... 42

3.4.2.1 Pembuatan Media …… 42

3.4.2.2 Regenerasi dan Konfirmasi Jamur *Colletotrichum* sp. ……. 43

3.4.2.3 Pembuatan Larutan Mc. Farland …… 43

3.4.2.4 Pembuatan suspensi *Colletotrichum* sp. …… 43

3.4.2.5 Uji Aktivitas Antifungi …… 44

3.4.2.6 Penentuan KHM dan KBM …… 45

3.4.3 Uji Antifungi secara In Vivo ……. 46

3.4.3.1 Persiapan Buah Cabai ……. 46

3.4.3.2 Inokulasi Jamur *Colletotrichum* sp. dan Aplikasi Ekstrak Daun Kersen Pada Buah Cabai Rawit ……... 46

3.4.3.3 Menghitung Kejadian Penyakit …….. 47

3.4.3.4 Menghitung Keparahan Penyakit ……... 47

3.4.4 Analisis Data ……... 48

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ……. 49

4.1 Karakterisasi Biosintesis Nanopartikel Perak yang Direduksi Ekstrak Daun Kersen …… 49

4.1.1 Hasil Uji PSA Nanopartikel Perak Esktrak Daun Kersen …… 49

4.1.2 Hasil Uji FTIR Nanopartikel Perak Esktrak Daun Kersen …… 52

4.1.3 Hasil Uji SEM Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Kersen …… 56

4.2 Aktivitas Antijamur Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Kersen terhadap Jamur *Colletotrichum* sp. secara in Vitro …… 59

4.2.1 Uji Zona Hambat Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Kersen terhadap Jamur *Colletotrichum* sp …… 60

4.2.2 Analisis KHM & KBM ……. 62

4.3 Aktivitas Antijamur Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Kersen terhadap Jamur *Colletotrichum* sp. secara in Vivo ……. 65

BAB V PENUTUP ……. 69

5.1 Kesimpulan …….. 69

5.2 Saran …… 70

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

3.1 Skala kategori serangan ……. 48

4.1 Gugus fungsional yang terdapat pada nanopartikel perak daun kersen. 53

4.2 Uji beda nyata terkecil presentase penghambatan koloni …….. 59

4.3 Hasil uji konsentrasi hambat minimum ……. 62

4.4 Hasil uji konsentrasi bunuh minimum ……... 64

4.5 Hasul pengujian efektivitas nanopartikel perak ekstrak kersen terhadap pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp selama 10 hari …… 65

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

2.1 Morfologi koloni dan mikroskopis *Colletotrichum* sp …….. 13

2.2 Buah cabai yang terserang penyakit antraknosa ……... 14

2.3 Siklus hidup umum *Colletotrichum* sp. ……. 17

2.4 Batang tanaman kersen …….. 19

2.5 Bentuk daun kersen ……... 20

2.6 Bunga tanaman kersen ……... 21

2.7 Buah kersen ……... 21

2.8 Mekanisme utama antijamur fenolik tanaman …….. 26

2.9 Mekanisme pembentukan nanopartikel perak …….. 30

2.10 Perubahan warna larutan pada proses sintesis …… 31

2.11 Mekanisme kerja SEM …… 33

2.12 Mekanisme kerja FTIR ……... 35

4.1 Hasil biosintesis ekstrak daun kersen dan perak nitrat …… 49

4.2 Hasil uji PSA nanopartikel perak ekstrak daun kersen …… 51

4.3 Nilai indeks polidipersitas dan rata-rata diameter ……... 52

4.4 Hasil uji FTIR …….. 53

4.5 Foto SEM nanopartikel perak ekstrak daun kersen ……. 57

4.6 Hasil uji zona hambat …….. 60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

1. Pembuatan ekstrak daun kersen dan sintesis nanopartikel …… 81
2. Hasil uji FTIR ……... 82
3. Hasil uji PSA ……. 83
4. Hasil uji SEM …… 84
5. Hasil uji antifungi secara in vitro …… 84
6. Dokumentasi uji zona hambat, KHM, KBM …….. 86
7. Data uji zona hambat ……... 87
8. Data uji KHM …… 87
9. Hasil uji SPSS diameter jamur ……. 88
10. Uji antifungi secara un vivo ……. 90
11. Dokumentasi hasil uji nanopartikel perak ekstrak daun kersen ke buah cabai secara in vivo …… 91
12. Hasil pengamatan kejadian penyakit ……... 92
13. Hasil analisis kejadian penyakit menggunakan SPSS ……. 93
14. Hasil pengamatan intensitas penyakit ……. 95
15. Hasil analisis intensitas penyakit menggunakan SPSS …… 97

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Allah SWT telah menciptakan keseimbangan dalam kehidupan di dunia antara lain apabila ada penyakit maka akan ada pula obatnya. Inilah yang disebut dengan kaidah keseimbangan. Rasulullah SAW bersabda dalam sebuah haditsnya yang diriwayatkan Muslim 4084.

لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءٌ فَإِذَا أُصِيبَ دَوَاءُ الدَّاءِ بَرَأَ بِإِذْنِ اللَّهِ عَزَّ وَجَلَّ

Artinya : *"Setiap penyakit ada obatnya. Apabila ditemukan obat yang tepat untuk suatu penyakit, maka akan sembuhlah penyakit itu dengan izin Allah 'azza wajalla."* (HR. Muslim 4084)

Hadits di atas menerangkan bahwa Allah SWT telah menunjukkan kepada hambanya yakni semua jenis penyakit terdapat obat. Sebab, segala sesuatu memiliki lawan. Jika ada penyakit maka lawannya adalah obat penawar. Namun, terkadang telah adanya obat belum tentu menyembuhkan penyakit, hal ini diduga bisa karena cara pengobatan dan metode pengolahannya yang kurang tepat sehingga tidak mendapat kesembuhan yang maksimal (Badrudin, 2019). Jika hadits ini diterapkan pada konsep tanaman, maka dalam suatu proses budidaya pertanian pasti ada yang namanya penyakit tanaman atau yang biasa disebut dengan penyakit antraknosa. Penyakit ini sering menjadi permasalahan penting yang dampaknya bisa menurunkan produktivitas hasil panen. Oleh karena itu, perlu adanya pengkajian terkait obat penawar penyakit antraknosa dengan metode dan proses yang tepat.

Penyakit antraknosa merupakan permasalahan budidaya yang disebabkan oleh jamur dari genus *Colletotrichum* (Than *et al*., 2008). Jamur *Colletotrichum* sp. menyerang tanaman yakni dengan cara spora jamur menyebar melalui udara, angin, dan air hujan lalu menempel pada inang yang cocok kemudian dapat berkembang dengan cepat atau melalui kontak alat yang digunakan menggores bagian buah sehingga spora jamur dapat masuk dan berkembang di dalam buah tersebut selama fase penyimpanan (Setiawati dkk, 2020; Anggraeni dkk. 2019, Pratiwi dkk, 2016).

Jamur *Colletotricum* sp. menginfeksi organ tanaman salah satunya pada bagian kulit dan daging buah yang ditandai dengan gejala awal berupa bintik-bintik kecil berwarna hitam dan sedikit melekuk yang lama kelamaan akan meluas menjadi busuk lunak, dibagian tengah bercak terdapat kumpulan titik-titik hitam yang terdiri dari sekelompok seta dan konidia jamur (Agus, 2012; Anggraeni, 2019). Secara mikroskopis, jamur yang meninginfeksi sel inang (tanaman) dilakukan dengan cara mendegradasi dinding sel dan merubah permeabilitas membran sel tanaman melalui produksi enzim dan toksin. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Venkatesagowda *et. al* (2012) mengungkapkan bahwa isolat *Colletotrichum* sp. menunjukkan aktivitas selulolitik yang mampu menguraikan selulosa tanaman. Lubang alami yang biasa digunakan oleh pathogen untuk masuk ke dalam tubuh tanaman inang yaitu stomata, hidatoda, dan lenti sel (Susanti dkk, 2017).

Pengendalian penyakit antraknosa yang sering dilakukan saat ini yaitu menggunakan fungisida sintetis. Namun, jika penggunaan fungisida sintetis dilakukan secara terus menerus maka dapat menimbulkan dampak negatif (Hifny

dkk., 2020). Berbagai permasalahan yang ditimbulkan dapat merugikan kehidupan manusia dan lingkungan yakni menyebabkan resistensi pathogen, terbunuhnya mikroorganisme bermanfaat, mencemari lingkungan, dan mempengaruhi kesehatan konsumen (Sumartini, 2012 *dalam* Fajar dkk., 2014; Apriani dkk, 2014; Stella & Henny, 2019).

Fungsida sintetis saat ini seperti contoh Dithane M-45 membunuh jamur dengan mekanisme kerjanya membentuk lapisan tipis pada tanaman dan mengeluaarkkan senyawa tertentu yang mengganggu aktivitas pernapasan jamur sehingga dapat membunuh jamur (Sari dkk, 2014). Pada penggunaan fungisida Dithane M-45 yang memiliki kelebihan dalam menghambat perkembangan jamur, penggunaan Dithane M-45 juga memiliki kekurangan, yaitu dapat membunuh jamur yang menguntungkan seperti mikoriza (Djunaedy, 2008). Dengan demikian, perlu adanya alternatif pengendalian menggunakan fungisida nabati dari ekstrak tanaman sebab memiliki kelebihan yaitu senyawanya dapat menghambat pertumbuhan jamur, aman bagi konsumen dan lingkungan, komposisinya mudah terurai, memiliki efek samping lebih rendah dibandingkan dengan obat sintetis, dan mengandung senyawa bioaktif yang efektif untuk mengendalikan pathogen baik secara *in vitro* maupun *in vivo* (Stella dkk., 2019).

Fungisida nabati dapat diperoleh dari ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura* L.) sebab daun kersen setelah diteliti diduga memiliki senyawa yang dapat dijadikan sebagai fungisida nabati (Saputra dkk., 2021). Daun kersen bisa dijadikan sebagai antimikroba sebab diduga memiliki kandungan sebagai antifungi yang bisa menghambat pertumbuhan jamur pathogen pada buah/tanaman. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Lailiyah dkk (2022) &

Kurniawati dkk (2016) memanfaatkan daun kersen sebagai antijamur terhadap *Candida albicans* dengan hasil terbaik pada konsentrasi ekstrak tertinggi. Penelitian ini mengungkapkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak daun kersen dalam formula maka semakin tinggi pula kandungan zat aktif didalamnya sehingga semakin besar aktivitas antijamur.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Saputra dkk., (2021) daun kersen mengandung senyawa alkaloid, tannin, saponin, polifenol, terpenoid dan flavonoid yang bersifat antifungi. Turunan dari flavonoid lebih spesifik dalam mengapoptosis sel jamur. Menurut Rizky dkk, 2024; Arum dkk, 2012; Susila dkk, 2023; Taleghani & Najaran, 2018 beberapa turunan flavonoid memiliki sifat antijamur diantaranya Quercetin diketahui memiliki sifat antijamur individual atau sinergis dengan flucanazole, yang dikenal sebagai penghambat sintase asam lemak. Sintase asam lemak merupakan enzim utama yang penting untuk sintesis asam lemak endogen dalam membran jamur, sehingga menunjukkan bahwa enzim ini merupakan target potensial untuk obat antijamur baru. Catechin dapat menginduksi aktivasi fosfatidilserin, yang menghambat sintase asam lemak. Selain itu, mereka merangsang akumulasi ROS intraseluler, modifikasi struktural, apoptosis, depolarisasi mitokondria, dan fragmentasi DNA. Catechin secara eksklusif menghambat pembentukan hifa dan sintesis ergosterol. Apigenin memiliki aktivitas antioksidan dan antijamur terhadap C. *albicans* menghambat pembentukan biofilm dan merangsang gangguan membran, sehingga mengakibatkan pengurangan ukuran sel dan kebocoran komponen intraseluler. Galbridin prosesnya sebagai antijamur dicapai berdasarkan deformasi dinding sel

yang meliputi penurunan ukuran sel yang signifikan dan peningkatan permeabilitas membrane (Saleh & Suresh, 2020).

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan percobaan terkait pemanfaatan daun kersen dalam mengendalikan jamur *Colletotrichum* sp. secara in vivo dengan hasil menunjukkan bahwa konsentrasi daun kersen tertinggi 60% belum bisa menghambat pertumbuhan jamur secara maksimal diduga karena luas permukaan partikel yang masih besar sehingga tidak dapat bekerja secara maksimal dalam menonaktifkan kinerja sel jamur patogen, maka perlu dilakukan peninjauan kembali dan penelitian lanjutan terkait efektivitas daun kersen sebagai antijamur yang dikombinasikan dengan nanopartikel perak sebagai agen pereduksi sebab nanopartikel juga memiliki aktivitas antijamur yang mana jika direduksi oleh senyawa tanaman diduga mampu meningkatkan nilai terapeutik (bioavailabilitas) dan mengoptimasi nanopartikel hasil reduksi (Zhahra dkk, 2020).

Nanopartikel merupakan partikel koloid padat dengan diameter 1-1000 nm. Umumnya dalam biosintesis, larutan yang awal kuning akan berubah warna menjadi kecoklatan. Nanopartikel dapat dibuat dari beberapa macam logam, tetapi logam yang umum digunakan adalah logam perak karena memiliki sifat yang tidak toksik terhadap kulit manusia (Wahyudi, 2011). Aplikasi yang paling luas dari nanopartikel perak adalah dijadikan sebagai antibakteri dan antijamur karena bersifat toksik bagi sel. Perak yang berukuran nano mampu meningkatkan penyerapan dan penetrasi, dapat diserap dan menembus jaringan dengan lebih mudah dibandingkan metode lainnya sehingga efektif dalam merusak dinding sel jamur, mengganggu proses metabolisme, dan menghambat sintesis sel jamur (Zhahra dkk, 2020) Selain itu, nanopartikel perak (NPP) memiliki efek samping

yang lebih sedikit dibandingkan obat antijamur konvensional karena dosis obat yang lebih kecil dan pengiriman obat yang ditargetkan, dan dapat dimodifikasi untuk menargetkan pengiriman obat ke sel-sel yang terinfeksi jamur secara selektif (Sa'adah, 2020). Metabolisme sel dapat dihambat karena adanya interaksi antara unsur perak dengan makromolekul di dalam sel, seperti protein dan DNA. Nanopartikel perak secara kimia lebih reaktif dan lebih mudah terionisasi dibandingkan partikel perak yang ukurannya lebih besar. Selain itu, rasio luas permukaan terhadap volume juga semakin meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel. Oleh karena itu, nanopartikel perak diindikasikan memiliki kemampuan anti-jamur yang lebih kuat (Dwandaru dkk, 2016).

Aktivitas antijamur nanopartikel perak dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti konsentrasi nanopartikel perak, bentuk nanopartikel perak, ukuran nanopartikel perak, jenis mikroba, jumlah koloni bakteri dan waktu kontak nanopartikel perak dengan bakteri (Sondi et al., 2004). Faktor-faktor yang mempengaruhi ukuran partikel dalam sintesis yaitu temperatur larutan, konsentrasi garam, waktu reaksi, dan agen pereduksi (Lana dkk, 2018). Salah satu bahan yang bisa dijadikan sebagai agen pereduksi dan sintesis nanopartikel perak yaitu daun kersen. Daun kersen merupakan agen biologi, selain telah memiliki kandungan sebagai antijamur juga aman dijadikan sebagai bioreduktor. Selaras dengan Rizqi dkk (2021) bahwa daun kersen (*Muntingia calabura* L) mengandung metabolit sekunder seperti fenolik, terpenoid, dan flavonoid yang dapat berperan sebagai bioreduktor untuk menghasilkan NPP. Senyawa fitokimia dalam ekstrak daun kersen berfungsi untuk mereduksi ion perak (Ag+) menjadi nanopartikel perak (Ag^0). Proses reduksi ini dapat dijelaskan sebagai reaksi

redoks, di mana senyawa fitokimia kehilangan elektron (oksidasi) dan memberikan elektron tersebut kepada ion perak (reduksi). Di mana Ag+ menerima elektron dan berubah menjadi Ag^0, yang merupakan bentuk logam dari perak. Setelah reduksi, nanopartikel perak mulai terbentuk. Setelah terbentuk, nanopartikel perak perlu distabilkan untuk mencegah aglomerasi (penggumpalan) yang dapat mengurangi efektivitasnya. Senyawa fitokimia yang ada dalam ekstrak daun kersen berfungsi sebagai agen stabilisasi, membentuk lapisan pelindung di sekitar nanopartikel. Ini membantu menjaga nanopartikel tetap terdispersi dalam larutan dan meningkatkan stabilitasnya.

Metode sintesis hijau menggunakan nanopartikel perak dengan bioreduktor ekstrak daun kersen mampu menjadi agen penghambat aktivitas antijamur pada pertumbuhan *Colletotrichum* sp. penyebab penyakit antraknosa karena kandungan berbagai fitomolekulnya seperti polifenol dan flavonoid beserta turunannya. Metode *Green Synthesis Nanoparticle* menggunakan ekstrak tanaman diketahui lebih ekonomis dan memiliki resiko lingkungan rendah dapat digunakan dalam berbagai bidang dibandingkan metode fisika dan kimia yang mahal dan tidak ramah lingkungan (Sundrarajan and Gowri, 2011). Ukuran nanopartikel perak ekstrak tanaman diharapkan lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan mikroba. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Hawar dkk (2022) terkait sintesis hijau nanopartikel perak dari ekstrak daun *Alhagi graecorum* terhadap sekelompok jamur dari genus *Candida.* Hasil penelitian menunjukkan kaempferol (turunan flavonoid) mampu menginduksi apoptosis sel melalui penghambatan siklus sel, selain itu adanya AgNPs dapat meningkatkan kadar *Reactive Oxygen*

Species (ROS) yang lebih lanjut merangsang proliferasi sel yang menyebabkan mutasi DNA dan mendorong ketidakstabilan genetik.

Penelitian terkait efektivitasnya nanopartikel perak yang direduksi ekstrak tanaman sebagai antijamur juga dilakukan Qureshi dkk (2023) yakni terkait sintesis nanopartikel perak dari ekstrak *Avena fatua* sebagai pengham bat jamur *Fusarium oxyporum.* Uji penghambatan terbaik pada konsentrasi larutan tertinggi yaitu 40 ppm dengan ukuran nanopartikel 5-25 nm, hasil terbaik karena gabungan dari ekstrak tanaman yang secara fitokimia berbahaya dan ukuran AgNPs yang disintesis lebih kecil, sehingga memiliki daya tembus tertinggi untuk menghambat pertumbuhan jamur. Penelitian Gowda & Sriram (2023) terkait penggunaan limbah kulit buah naga (*Hylocereus* spp.) untuk sintesis nanoperak secara ramah lingkungan, memanfaatkan senyawa metabolit alami sebagai agen pereduksi dan penstabil menunjukkan bahwa nanoperak ini memiliki aktivitas antifungi yang signifikan terhadap spora *Colletotrichum truncatum*, penyebab anthracnose pada cabai, baik melalui uji germinasi spora maupun uji penumbuhan menggunakan plat spread.

Mekanisme sintesis nanopartikel perak dengan reduksi daun kersen sebagai antijamur *Colletotrichum* sp. diteliti melalui tiga tahap. Pertama mengkarakterisasi terlebih dahulu terkait keberhasilan sintesis nanopartikel perak dengan bioreduksi ekstrak daun kersen menggunakan tiga parameter yakni uji FTIR (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*) untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mengetahui bentuk partikel, dan PSA (*Particle Size Analyse*) untuk mengetahui persebaran ukurannya. Kedua, mengevaluasi efektivitas antijamur nanopartikel perak ekstrak

daun kersen secara in Vitro melalui uji zona hambat, konsentrasi hambat minimum, dan konsentrasi bunuh minimum. Ketiga, Konfirmasi potensi aplikatif nanopartikel secara in Vivo dengan menguji kejadian penyakit dan keparahannya terhadap buah cabai.yang diinfeksi.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian yang berjudul "Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.) Sebagai Antijamur pada *Colletotrichum* sp." ini penting untuk dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakter senyawa nanopartikel perak ekstrak daun kersen kersen (*Muntingia calabura* L.)?
2. Bagaimana aktivitas antijamur *Colletotrichum* sp. senyawa nanopartikel perak ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura* L.) secara in vitro?
3. Bagaimana aktivitas antijamur nanopartikel perak ekstrak daun kersen dalam mengendalikan jamur *Colletotrichum* sp. pada buah cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) secara in vivo?

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengkarakterisasi secara komprehensif sifat fisiko-kimia, morfologi, dan identifikasi gugus fungsi yang terlibat dalam stabilisasi nanopartikel perak hasil biosintesis menggunakan ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura* L.)

2. Mengevaluasi efektivitas antijamur nanopartikel perak ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura* L.) terhadap Colletotrichum sp. melalui pengukuran kuantitatif penghambatan pertumbuhan secara in vitro.
3. Mengkonfirmasi potensi aplikatif nanopartikel perak ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura* L.) dalam mitigasi kejadian dan keparahan penyakit antraknosa yang diinduksi Colletotrichum sp. pada buah cabai rawit (Capsicum frutescens L.) di bawah kondisi in vivo

1.4 Manfaat

Manfaat teoritis dari penelitian ini yaitu :

1. Penelitian ini dapat membantu penulis dan pembaca memahami bagaimana AgNPs bekerja untuk menghambat pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. Informasi ini penting untuk pengembangan agen antijamur yang lebih efektif di masa depan.

Manfaat praktis dari penelitian ini yaitu :

1. Penelitian ini dapat menghasilkan agen antijamur nabati yang efektif sebagai alternatif fungisida kimia yang sering digunakan dalam industri pertanian dan medis.
2. Penelitian ini menggunakan metode sintesis hijau untuk menghasilkan nanopartikel perak (AgNPs). Metode sintesis hijau ini lebih ramah lingkungan dibandingkan metode sintesis tradisional yang menggunakan bahan kimia berbahaya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sintesis nanopartikel yang digunakan yaitu *Green Synthesis* nanopartikel perak ekstrak menggunakan ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura* L.) sebagai agen pereduksi dan penstabil sintesisnya.
2. Karakterisasi fisiko-kimia nanopartikel perak ekstrak daun kersen meliputi distribusi ukuran partikel, bentuk, dan identifikasi gugus fungsi pendukung biosintesis dan stabilisasi
3. Jamur yang digunakan untuk uji aktivitas antijamur adalah *Colletotrichum* sp.
4. Uji antijamur dilakukan secara in vitro (pengukuruan zona hambat, Konsentrasi hambat minimum dan konsentrasi bunuh minimum) dan in vivo (kejadian penyakit dan keparahan penyakit)

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jamur *Colletotrichum* sp.

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Jamur *Colletotrichum* sp.

Jamur *Colletotrichum sp.* adalah sekelompok jamur dalam filum jamur Ascomycota yang secara teleomorph dikenal sebagai anggota genus *Glomerella* (Anggraeni dkk., 2019). Klasifikasi jamur *Colletotrchum sp.* menurut Pranata (2018) yakni sebagai berikut :

Kingdom : Fungi

Filum : Ascomycota

Kelas : Ascomycetes

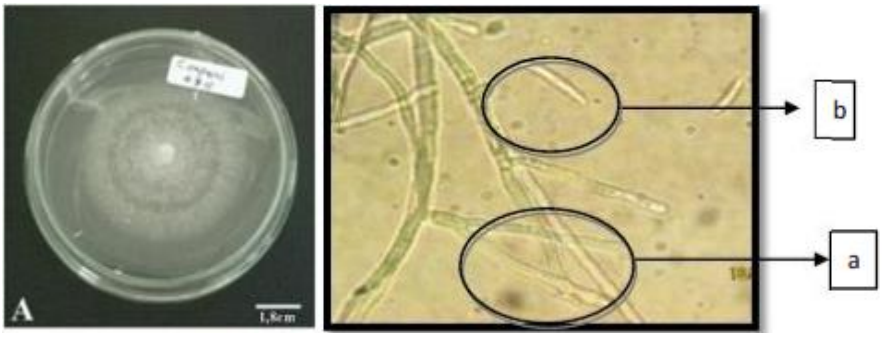
Ordo : Melanconiales

Famili : Melanconiaceae

Genus : *Colletotrichum*

Spesies : *Colletotrichum* sp.

Jamur *Colletotricum* sp. memiliki struktur reproduksi seksual dan aseksual. Reproduksi secara seksual melalui produksi askospra sedangkan reproduksi aseksual melalui produksi konisiospora/konidia (Silva *et al.*, 2017). Askospora pada jamur *Colletotrichum sp.* berwarna gelap dan berbentuk bulat (oblate) atau oval (*ovoid*) dan dibungkus dalam askus yang memanjang atau slinder (Anggraeni dkk., 2019; Sektiono dkk., 2016).



Gambar 2.1 Morfologi koloni dan mikroskopis *Colleotrichum sp.* pada media PDA. (A) Karakteristik Makroskopis., (B) Karakteristik Mikroskopis: a. Hifa tidak bersekat, b. Konidia berbentuk bulan sabit tidak bersekat (Sumber: Sektiono dkk., 2016; Sulastri dkk, 2014).

Secara makroskopis, jamur Colletotrichum sp. ditandai dengan permukaan koloni bagian atas berwarna putih dan permukaan koloni bagian bawah berwarna putih kekriman. Struktur permukaan koloni halus seperti kapas, bentuk koloni melingkar, dan tepinya rata, diameternya berkisar 59-63 mm (Gambar 2.3). Karakteristik jamur *Colletotrichum sp.* secara mikroskopis yaitu memiliki miselium warna putih yang timbul dpermukaan dan perlahan berubah menjadi warna hitam. Hifa jamurnya bersekat. Konidia berwarna transparan (hialin) dengan setae panjang meruncing (Anggraeni dkk., 2019; Sektiono dkk., 2016). Jamur Colletotrichum sp. mempunyai spora berbentuk bulan sabit dengan ujung spora runcing berukuran 24,3 x 4,4 mikrometer dan tumbuh 9,8 mm per hari (Sudirga, 2016)

2.1.2 Gejala dan Mekanisme Serangan Penyakit Antraknosa

Penyakit antraknosa merupakan penyakit utama pada tanaman hortikultura salah satunya tanaman cabai rawit yang disebabkan oleh jamur pathogen dan bisa menyebabkan gagal panen serta menimbulkan kerugian mencapai 80% (Prihatiningsih dkk., 2020). Jamur pathogen bisa menginfeksi buah cabai baik melalui luka dibagian buahnya maupun secara langsung. Gejala penyakit

antraknosa pada buah cabai rawit yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum sp.* diawali dengan munculnya bercak berwarna coklat kehitaman seperti terkena tetesan air pada permukaan buah cabai yang merupakan tubuh buah jamur. Bercak tersebut merupakan seta atau bagian jamur yang terbentuk pada aservulus. Sekelompok seta dan konidia jamur serta terdapat garis-garis yang melingkar Adanya bercak yang semakin lama semakin membesar akan membentuk lekukan berwarna gelap (Gambar 2.2). Cekungan jamur memiliki garis dengan diameter 4 mm di fase awal, kemudian akan berkembang memenuhi seluruh buah hingga buah menjadi busuk lunak dan sudah tidak bisa terselamatkan lagi. Jika jamur tersebut menempel pada biji maka tanaman cabai tidak akan berkecambah atau gagal berkecambah dan dapat mengakibarkan kelayuan (Anggraeni dkk., 2019; Sektiono dkk., 2016; Wardoyo dkk., 2020; Nurjasmi & Suryani, 2020). Jamur pathogen pada tanaman mampu menginfeksi sasaran jika memiliki tingkat kepadatan spora senilai 10^6-10^8 dan dapat dihitung menggunakan bantuan haemosytometer (Raya dkk, 2014).

Gambar 2.2 Buah cabai yang terserang penyakit antraknosa oleh jamur *Colletotrichum* sp. (Sumber: Suyanti dkk, 2020)

Serangan antraknosa pada buah cabai rawit oleh jamur Colletotrichum sp. biasanya diawali dengan perkecambahan spora pada permukaan jaringan buah,

dilanjutkan dengan pembentukan rabung kecambah, yang setelah penetrasi membentuk hifa intraseluler dan intraseluler kemudian menyebar (Anggraeni dkk., 2019). Ciri khas buah cabai rawit terserang jamur *Colletotrichum sp.* yakni terdapat lekukan berwarna kehitaman yang mana jika berlanjut akan menyebabkan buah menjadi kering dan keriput. Semakin besar cekungan pada buah cabai rawit maka semakin banyak jamur yang menginfeksi. Cekungan tersebut merupakan kelompok aservulus (Nurjasmi & Suryani, 2020). Serangan penyakit terhadap tanaman pertanian secara tersirat telah dijelaskan Allah SWT dalam al-Qur'an Q.S al-Waqiah [56]: 63-65.

أَفَرَءَيْتُم مَّا تَحْرُثُونَ ﴿٦٣﴾ ءَأَنتُمْ تَزْرَعُونَهُۥٓ أَمْ نَحْنُ ٱلزَّٰرِعُونَ ﴿٦٤﴾ لَوْ نَشَآءُ لَجَعَلْنَٰهُ حُطَٰمًا فَظَلْتُمْ تَفَكَّهُونَ ﴿٦٥﴾

Artinya : *Maka terangkanlah kepadaku tentang yang kamu tanam?, kamulah yang menumbuhkannya? Atau kami yang menumbuhkannya?, kalau kami kehendaki, benar-benat kami jadikan dia kering dan hancur, maka jadilah kamu heran tercengang* (Q.S al-Waqiah(56):63-65).

Tim tafsir ilmi menjelaskan tafsir Q.S al-Waqiah (56): 63-65 bahwa Allah SWT menyampaikan pertanyaan kepada manusia untuk dipikirkan kembali mengenai siapakah sebenarnya yang menghidupkan dan menumbuhkan berbagai tanaman di bumi. Namun, ketika manusia lalai terhadap kekuasaan Allah SWT, maka Allah SWT bisa menghendaki untuk merubah tanaman itu menjadi tanaman yang tidak berbuah, hampa atau terserang berbagai penyakit seperti hama wereng, kuning, dan lain sebagainya (Harjono, 2011). Berdasarkan tafsir tersebut menegaskan bahwa sesungguhnya yang menumbuhkan segala jenis tanaman di muka bumi ini salah satunya tanaman cabai rawit adalah Allah swt. Namun, tidak dipungkiri dalam proses penanaman atau pemanenan bisa saja terserang hama

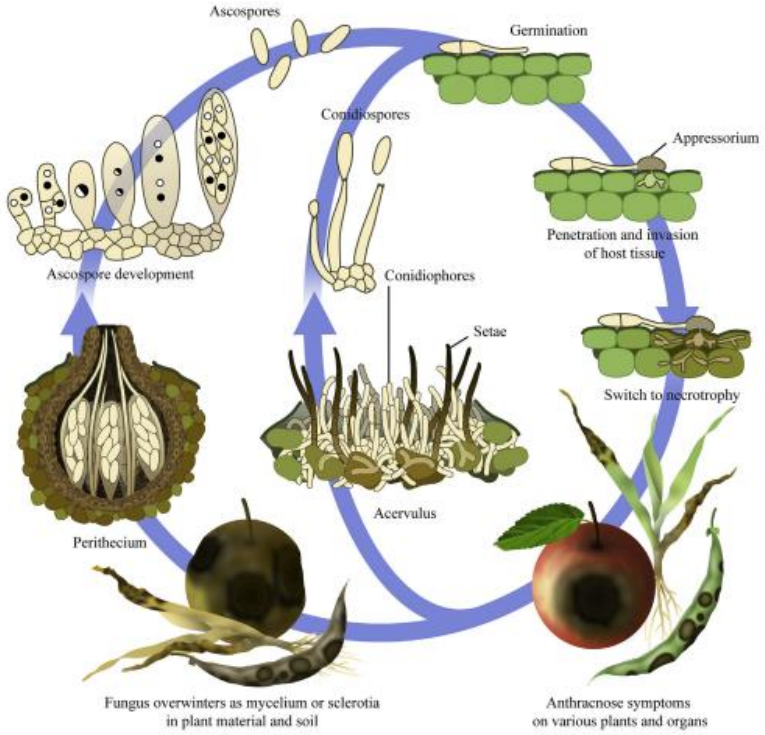
penyakit, salah satunya penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum sp.* bisa menyebabkan cabai rawit mengalami kebusukan dan gagal panen.

Kecepatan jamur *Colletotrichum sp.* dalam menginfeksi buah tergantung pada kondisi sekitar. Jika kondisi buah basah dan pemanenan pada musim penghujan maka sangat memepengaruhi penyebaran spora menjadi lebih besar dari satu buah ke buah yang lainnya (Nurjasmi & Suryani, 2020). Menurut BPPP (2016) *dalam* Aziziy dkk (2020) menyatakan bahwa jamur pathogen penyebab penyakit antraknosa pada tanaman cabai bisa mengakibatkan kerugian hasil panen hingga 90% terutama pada saat musim hujan tiba. Kehilangan hasil panen cabai rawit pada musim hujan mencapai 10-80% sedangkan pada musim kemarau mencapai 2-35% (Hakim dkk., 2014).

2.1.3 Daur Hidup Penyakit Antraknosa

Penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur dari genus *Colletotrichum* menyebabkan kerugian yang besar pada produktivitas tanaman. Sebagian besar jamur pathogen menyerang pada masa pascapanen. Pola daur hidup jamur *Colletotrichum* secara luas dapat dikategorikan sebagai nekrotrofik, biotorifk dan hemibiotrofik. Daur hidup jamur *Colletotrichum* secara nekrotrofk yakni pathogen yang secara aktif menginfeksi dan mengkolonisasi sel tumbuhan sehingga menyebabkan kematian sel (Perhatikan gambar 2.3). Nekrotrofik menyerang dengan mengeluarkan enzim litik untuk mendegradasi komponen buah atau racun yang bisa merusak jaringan tanaman. Jamur pathogen kemudian bertahan hidup pada sel-sel tanaman yang mati sudah dirusaknya dan mempertahankan kelangsungan hidupnya. Daur hidup nekrotrofik harus

mempertahankan kelangsungan hidup inangnya. Hampir semua jamur dari genus *Colletotrichum* mengembangkan tahap nekrotrofik dalam siklus hidupnya (Silva *et al.*, 2017).



Gambar 2.3 Siklus hidup umum *Colletotrichum* sp. (Silva *et al.*, 2017).

Jamur *Colletotrichum* dengan daur hidup biotrofik dan hemibiotrofik memiliki gaya hidup yakni pathogen tetap berada di dalam jaringan buah dan secara aktif menyerap metabolit untuk pertumbuhannya tanpa membunuh sel yang ada pada buah atau tanaman. Gaya hidup biotrof menghasilkan struktur jamur khusus berupa haustoria yang merupakan struktur infeksi berbeda yang diperlukan pathogenesis dan yang memfasilitasi hubungan parasit dengan tanaman inang hidup untuk menyerang karbon dan nitrogen. Daur hidup biotrofi umumnya terjadi pada kelompok jamur karat dan jamur tepung tetapi juga terjadi pada jamur *Colletotrichum.* Pada tahap awal jamur *Colletotrichum* memiliki daur hidup

biotrofik kemudian diikuti peralihan ke daur hidup nektrotrofik, oleh karena itu keduanya disebut dengan hemibiotrof (Silva *et al.*, 2017).

2.2 Tanaman Kersen (*Muntingia calabura*)

2.2.1 Morfologi Tanaman Kersen (*Muntingia calabura*)

Tanaman kersen (Muntigia calabura) merupakan salah satu jenis tanaman neutropik yaitu tanaman yang hidup dan tumbuh dengan baik di daerah beriklim tropis seperti Indonesia. Tanaman ini tidak memerlukan perlakuan khusus dalam pertumbuhannya. Tanaman kersen banyak dijumpai disepanjang jalan dan tanah kosong, Selain bermanfaat sebagai peneduh, tanaman ini juga mengandung segudang manfaat bagi kesehatan manusia (Zahara & Suryady, 2018). Klasifikasi tanaman kersen yakni sebagai berikut :

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Malvales

Famili : Elaeocarpaceae

Genus : *Muntingia*

Spesies : *Muntingia calabura* L.

Tanaman kersen (*Muntingia calabura*) memiliki bagian-bagian utama diantaranya batang, daun, bunga, dan buah yang secara rincinya dipaparkan sebagai berikut :

1. Batang

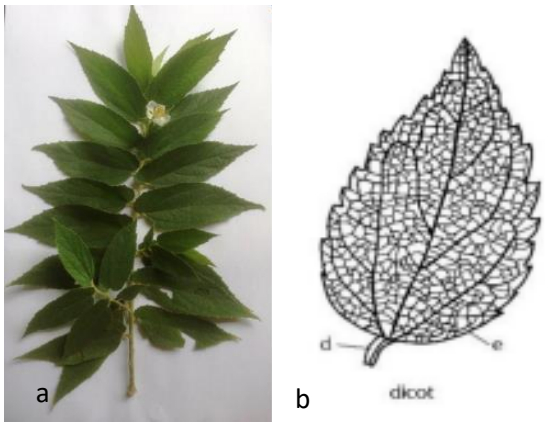
Kersen merupakan tanaman tropis dan tanaman tahunan yang bisa tumbuh mencapai 12 meter tetapi umumnya tumbuh berkisar antara 1-4 meter. Jenis batangnya berkayu, tegak, bulat, dan memiliki percabangan simpodial (batang tidak bisa dibedakan dengan cabang). Percabangan batangnya mendatar, menggantung ke arah ujung, memiliki bulu halus dibagian permukaan batangnya (Gambar 2.6). Daunnya tumbuh dibagian percabangan denga posisi mendatar dan berseling (Zahara & Suryady, 2018).

Gambar 2.4 Batang tanaman Kersen
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)

2. Daun

Tanaman kersen memiliki daun berwarna hijau muda hingga tua, berbentuk bulat telur, bertulang daun menyirip. Permukaan daun kersen bertekstur kesat dan terdapat rambut daun. Umumnya daun kersen berukuran 6,5 cm dengan pinggiran bergerigi runcing. Susunannya berseling mendatar pada percabangan batang sehingga membentuk naungan yang rindang (Gambar 2.7). Daun kersen memiliki keunikan dari daun tanaman lainnya yakni memiliki sisi daun yang tidak simetris antara sisi daun yang satu dengan sisi yang lainnya. Bentuk daun kersen termasuk ke dalam jenis yang sederhana, yaitu. setiap daun mempunyai satu helai daun. Tempat melekatnya daun kersen termasuk ke dalam tipe petiolate yaitu helaian

daun menempel pada batang oleh petiol (Nurholis & Saleh, 2019; Zahara & Suryady, 2018)



Gambar 2.5 Bentuk Daun Kersen (a) Bentuk susunan tulang daun (b) tipe daun kersen (Sumber : Nurholis & Saleh, 2019; Zahara & Suryady, 2018)

3. Bunga

Tanaman kersen memiliki bunga yang muncul pada ketiak daun, mahkotanya memiliki warna putih dan kelopak bunganya memiliki warna hijau dengan anther berwarna kuning (Gambar 2.8). Bunga tanaman kersen terletak pada suatu berkas yang posisinya supra-aksilar dari daun yang bersifat hermaprodit. Bunga merupakan bunga sempurna karena mempunyai dua alat reproduksi yaitu putik dan benang sari (Nurholis & Saleh, 2019).

Gambar 2.6 Bunga tanaman kersen
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)

4. Buah

Tanaman kersen memiliki buah berbentuk bulat, berwarna hijau ketika masih muda dan akan berubah menjadi warna kuning lalu kemerahan pada saat sudah matang (Gambar 2.9). Diameter buah sekitar 1,34 cm dan terdapat puluhan dalam satu pohon. Buah kersen didalamnya terdapat biji yang berjumlah ratusan dalam satu buah dan terkubur dalam daging buah yang lembut. Umumnya buah kersen memiliki berat rata-rata 0.079 gram perbuah (Nurholis & Saleh, 2019).

Gambar 2.7 Buah Kersen
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)

2.2.2 Kandungan Daun Kersen (*Muntingia calabura*)

Tanaman kersen (*Muntingia calabura* L.) memiliki manfaat yang luar biasa dalam bidang pertanian, kandungan yang terdapat didalamnya bisa dijadikan

sebagai fungisida nabati (Saputra dkk., 2021). Dalam daun kersen terdapat kandungan senyawa flavonoid, tannin, saponin dan alkaloid yang bersifat antifungi (Kurniawati dkk., 2016). Flavonoid merupakan senyawa metabolit sekunder yang berpeluang dapat dijadikan sebagai antifungi karena aktivitasnya mampu mendenaturasi protein sel jamur, mendegradasi lapisan lipid, merusak dinding sel, dan bersifat lipofilik (kelarutan relatif senyawa dalam fase lemak dan fase air). Cara kerja senyawa flavonoid dalam menangkal pertumbuhan jamur yaitu dengan cara mengerutkan dinding selnya sehingga mengakibatkan dinding sel jamur pecah atau lisis, karena senyawa flavonoid didalam sel jamur akan membentuk komplek dengan protein memberan sel yang mengakibatkan membran sel mengalami kerusakan. Rusaknya membran sel jamur disebabkan oleh perubahan permeabilitas sel dan hilangnya kandungan isi sel dalam sitoplasma sehingga mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan sel jamur dan berakhir pada kematian sel (Gambar 2.8) (Saputra dkk., 2021). Gugus hidroksil pada senyawa flavonoid menyebabkan perubahan bahan organik dan transport unsur hara yang pada akhirnya menimbulkan efek toksik pada jamur. Flavonoid dapat menghambat transport elektron mitokondria sehingga menyebabkan penurunan potensial membran mitokondria. Penghambatan dapat terjadi dengan menghalangi proton dalam rantai pernafasan, menyebabkan berkurangnya produksi ATP dan kematian sel jamur selanjutnya (Agarwal, 2010 *dalam* Komala dkk., 2019).

Flavonoid adalah kelompok besar senyawa polifenol yang ditemukan secara alami di tumbuhan, ada beberapa subkelas/turunan utama dari flavonoid diantaranya golongan flavonol (kuersetin, kaempferol, myricetin), flavon

(apigenin), catechin, auron, flavanon, flavanonol (Rizky dkk, 2024; Arum dkk, 2012; Susila dkk, 2023; Taleghani & Najaran, 2018). Quercetin diketahui memiliki sifat antijamur individual atau sinergis dengan flucanazole, yang dikenal sebagai penghambat sintase asam lemak. Sintase asam lemak merupakan enzim penting yang penting untuk sintesis asam lemak endogen dalam membran jamur, sehingga menunjukkan bahwa enzim ini merupakan target potensial untuk obat antijamur baru. catechin dapat menginduksi aktivasi fosfatidilserin, yang menghambat sintase asam lemak. Selain itu, mereka merangsang akumulasi ROS intraseluler, modifikasi struktural, apoptosis, depolarisasi mitokondria, dan fragmentasi DNA. Catechin secara eksklusif menghambat pembentukan hifa dan sintesis ergosterol. Apigenin memiliki aktivitas antioksidan dan antijamur terhadap C. *albicans* menghambat pembentukan biofilm dan merangsang gangguan membran, sehingga mengakibatkan pengurangan ukuran sel dan kebocoran komponen intraseluler. Galbridin prosesnya sebagai antijamur dicapai berdasarkan deformasi dinding sel yang meliputi penurunan ukuran sel yang signifikan dan peningkatan permeabilitas membrane (Saleh & Suresh, 2020).

Tanin merupakan derivat fenol yang banyak terdapat pada daun muda. Tanin dapat mencegah pembusukan buah atau tanaman yang disebabkan oleh jamur patogen seperti *Colletotrichum sp.*. Tannin merupakan senyawa lipofilik pada daun kersen yang memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan sel jamur. Mekanisme tanin sebagai senyawa antijamur adalah mencegah sintesis kitin pembentuk dinding sel jamur, serta merusak membran sel sehingga pertumbuhan jamur terhambat. Mekanisme lain mencegah biosintesis ergosterol (sterol utama yang membentuk membran sel jamur). Sterol merupakan komponen

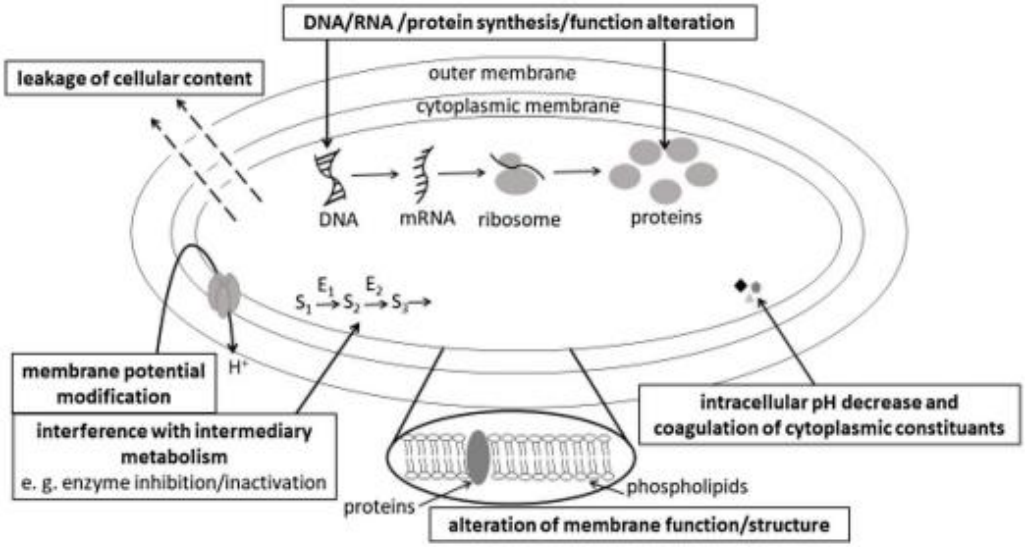
struktural dan pengatur yang terdapat pada membran sel eukariotik yang berperan dalam permeabilitas membran sel (Kurniawati dkk., 2016; Komala dkk., 2019; Hong dkk., 2011 *dalam* Saputra dkk., 2021).

Secara umum, tannin dikelompokkan menjadi dua, yaitu tanin terkondensasi dan taninterhidrolisis. Struktur keduanya berbedatetapi memiliki sifat yang hampir sama. Tanin terkondensasi dapat bertahanterhadap reaksi hidrolisis dan biasanyaberasal dari senyawa flavanoid, katekin,dan flavan-3,4-diol. Ketika ditambahkan asam atau enzim, senyawa tanin ini akan terurai menjadi plobape. Jenis tanin ini terdiri dari polimer flavanoid yang termasuk senyawa fenolik. Nama lain tanin terkondensasi yaitu proanthocyanidin yang merupakan polimer dari flavanoid dan terhubung melalui ikatan C-8 dan C-4. Pada tanaman, jumlah taninterkondensasi lebih banyak daripadatanin terhidrolisis karena taninterhidrolisis bersifat lebih beracun. Sedangkan tanin terhidrolisis merupakan tanin yangdihidrolisis oleh asam atau enzimsehingga menghasilkan asam galat danasam elagit. Tanin terhidrolisis umumnya dijumpai dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan tanin terkondensasi. Contoh tanin terhidrolisis adalah gallotanin yang termasuk senyawa gabungan dari asam galat dan karbohidrat. Sifat-sifat tanin terhidrolisis umumnya merupakan senyawa amorf, higroskopis, larut dalam air, mampu diekstrak dengan campuran etanol-air atau air panas, serta memiliki warna coklat kekuningan. Terdapat 2 kelas tanin terhidrolisis, yaitu gallo tanin yangterdiri dari senyawa asam galat-glukosadan ellagitanin yang terdiri dari unitelagit-glukosa (Hersila dkk, 2023).

Saponin adalah senyawa yang hampir tersebar diseluruh tanaman dan mempunyai sifat yang mirip dengan sabun karena dapat membentuk busa (Heinrich *dkk.,* 2009 *dalam* Saputra dkk., 2021). Saponin mempunyai sifat antibakteri dan antijamur yang baik bila mengandung gugus monosakarida dan turunannya. Saponin dapat merusak membran sitoplasma dan membunuh mikroba karena strukturnya dapat berikatan dengan molekul hidrofilik dan molekul organik non polar (lipofilik). Sedangkan turunan saponin bisa dijadikan sebagai deterjen. Mekanisme saponin dalam perannya sebagai antijamur yaitu dengan mempengaruhi stabilitas membran sel (Saputra dkk., 2021). Saponin merupakan surfaktan (polar), sifat antijamur saponin dihasilkan dari terbentuknya ikatan antara senyawa saponin polar dengan lipoprotein dan dari ikatan antara gugus saponin non polar dengan lemak membran plasma sel jamur. Adanya ikatan tersebut menyebabkan lemak terurai dan kemudian lemak menumpuk. Saponin juga dapat menurunkan tegangan permukaan membran sterol dinding sel *Colletotrichum sp.* Kedua aktivitas tersebut yakni ikatan dan penurunan tegangan mengakibatkan permeabilitas membran sel tidak bekerja semestinya. Jika terjadi perubaan permeabilitas maka masuknya bahan atau zat yang dibutuhkan jamur juga tidak teratur, akhirnya sel membengkak kemudian pecah (lisis) (Kurniawati dkk., 2016; Komala dkk., 2019).

Alkaloid menjadi salah satu senyawa metabolit yang berpotensi sebagai antijamur pada daun kersen. Mekanisme alkaloid dalam membunuh jamur adalah dengan menyisipkannya di antara dinding sel dan DNA kemudian mencegah reproduksi DNA sehingga menyebabkan pertumbuhan jamur terhambat (Komala dkk., 2019). Alkaloid termasuk senyawa basa organik yang mengandung nitrogen.

Senyawa alkaloid merubah komponen kitin sel jamur sehingga menyebabkan sel lisis dan lapisan dinding sel gagal terbentuk sempurna (Rahmawati dkk., 2013 *dalam* Saputra dkk., 2021; Pratiwi dkk., 2017).



Gambar 2.8 Mekanisme utama antijamur fenolik tanaman (Sumber : Oulahal *et al.*, 2022)

2.3 Logam Perak (Ag)

Logam perak (Ag) ditemukan secara alami dalam biji-biji argentite (Ag2S) dan horn silver (AgCl). Perak memiliki nomor atom 47, massa atom 107,87 g/mol, kerapatan tinggi 10,50 g/mL, massa jenis 10,49 g/cm3, dan titik lebur pada suhu 960,50 °C. Ada empat jenis keadaan oksidasi pada perak, yaitu Ag0, Ag+, Ag2+, dan Ag3+, dengan dua bentuk pertama yang sangat melimpah dan dua bentuk terakhir yang cenderung tidak stabil, terutama dalam lingkungan air (Wahyudiati, 2021). Perak memiliki warna berkilau yang menarik dan ketahanan yang baik, menjadikannya logam mulia yang lebih terjangkau dibandingkan platina (Pt) dan emas (Au). Karena konduktivitas listriknya yang sangat baik, perak digunakan dalam industri elektronik. Perak sering dipakai dalam aplikasi

mahal di mana logam tembaga tidak memadai, serta untuk membuat baterai, cermin, tambalan gigi, alat musik, dan reaktor nuklir (Dwistika & Suparno, 2018).

2.4 Nanopartikel Perak

Nanopartikel perak adalah partikel terdispersi atau padat dengan ukuran partikel berkisar antara 10-1000 nm. (Rahmayani et al., 2019). Material tergolong nano jika memiliki ukuran 10 - 1000 nm. Secara umum sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan dua pendekatan yakni top down (fisika) dan bottom up (kimia). Pendekatan top down yaitu dengan cara memecah padatan logam menjadi partikel-partikel kecil berukuran nano sedangkan pendekatan bottom up dilakukan dengan cara membentuk partikel-partikel nano dari prekursor molekular atau ion (Evianisa et al., 2018).

Material nanopartikel sangat diminati oleh para peneliti karena menunjukkan sifat fisika dan kimia berbeda dari material dasarnya, seperti mekanik, elektronik, magnetik, kestabilan termal, katalitik, sifat kimia, dan stabilitas optik Terdapat dua faktor utama yang membedakan nanopartikel dengan material padat atau bulknya yakni ukuran nanopartikel lebih kecil dan rasio luas permukaan lebih besar. Peredaan ini membuat nanopartikel lebih reaktif sehingga reaktivitas material ditentukan oleh atom permukaan (Dwistika & Suparno, 2018).

2.5 Sintesis Nanopartikel

Sintesis yang dilakukan dengan menggunakan metode top-down dan bottom- up umumnya memiliki kekurangan dan kelebihan. Metode top-down (fisika) memiliki kelebihan yakni ukuran yang dapat dikontrol, mudah diproduksi secara masal, dan dapat dilakukan dengan berbagai jenis bahan logam, keramik,

dan polimer lain, akan tetapi metode tersebut memerlukan biaya yang cukup mahal dalam oprasionalnya (Jannah & Amaria, 2020). Sementara nanopartikel yang disintesis menggunakan metode bottom-up (kimia) memiliki tingkat homogenitas yang baik dan memiliki kemampuan membentuk struktur komplek, akan tetapi penggunaan bahan kimia dalam sintesis menyebabkan pencemaran lingkungan (Wulandari & Safaat, 2021).

Dalam dekade dekat ini peneliti banyak yang mengembangkan teknik sintesis nanopartikel dengan bantuan organisme salah satunya tanaman. Kandungan pada tanaman dapat digunakan sebagai pereduksi perak menjadi nanopartikel. Teknik ini dinamanakan dengan biosintesis. Keunggulan biosintesis meliliki keunggulan lebih efisien dan tidak menghasikan banyak limbah (Rahmayani et al., 2019). Nanopartikel perak dapat menjadi agen pengendali pertumbuhan mikroba dan dapat digunakan dalam berbagai macam produk kesehatan seperti kain pelapis luka, serat katun yang berfungsi menghambat pertumbuhan bakteri, semprotan antiseptik, penstrelil udara dan antioksidan (Prasetiowati dkk., 2018).

Nanopartikel perak dapat menjadi agen pengendali pertumbuhan mikroba dan dapat digunakan dalam berbagai macam produk kesehatan seperti kain pelapis luka, serat katun yang berfungsi menghambat pertumbuhan bakteri, semprotan antiseptik, penstrelil udara dan antioksidan (Prasetiowati dkk., 2018). Nanopartikel perak juga memiliki potensi toksisitas terhadap organisme hidup, termasuk manusia dan lingkungan. Dalam beberapa kasus, nanopartikel perak telah terbukti berefek negatif pada sel-sel dan organisme hidup dalam dosis yang tinggi. Oleh karena itu perlu ditindak lanjuti mengenai pengolahan limbah selesai

produk nanopartikel dan sintesis yang ramah lingkungan (Jeevanandam et al., 2020)

2.6 Sintesis Nanopartikel Perak Secara *Top Down* dan *Botton Up*

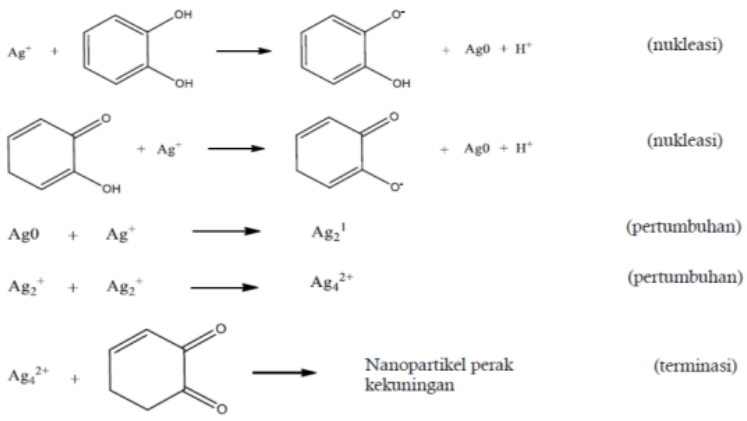
Sintesis nanopartikel perak mengunakan pendekatan top down dilakukan dengan mengubah molekul berukuran besar (bulk) menjadi molekul lebih kecil dan dikonversi menjadi nanopartikel (Ijaz et al., 2020). Pendekatan top-down melibatkan proses pemecahan, penggilingan, dan pembentukan material yang dikontrol secara eksternal ke dalam urutan dan bentuk yang diinginkan. Teknik sintesis nanopartikel metode top-down adalah penerapan tekanan mekanik dan radiasi energi tinggi, serta energi panas dan listrik, untuk menyebabkan abrasi, pelelehan, dan penguapan/kondensasi material bulk. Pendekatan top down sering disebut metode fisika yang terbagai dalam beberapa cara sintesisi seperti high energy ball milling, kondensasi gas inert deposisi uap fisika, laser ablation dan pirolisis dengan laser (Ijaz et al., 2020). Kelebihan sintesisi nanopartikel menggunakan metode fisika antara lain memiliki ukuran nanopartikel yang sangat kecil, stabil, dan tingginya tingkat kemurnian koloid logam yang dihasilkan. Kekurangan metode fisika yakni membutuhkan energi yang sangat besar dan suhu yang sangat tinggi sehingga sulit untuk di kerjakan dalam area yang sempit dan kecil (Wulandari & Safaat, 2021).

Sintesis nanopartikel perak mengunakan pendekatan bottom up atau metode kimia dilakukan dengan pembentukan atom logam dari reduksi prekursor menggunakan reduktor kimia, seperti NaBH4, etilen glikol, dan trisodium sitrat. Atom logam yang terbentuk akan mengalami nukleasi kemudian di ikuti dengan pembentukan nanopartikel (Devantha & Thalla 2018). Sintesis nanoapartikel

perak menggunakan metode kimia memiliki beberapa kelebihan antara lain distribusi ukuran nanopatikel yang seragam, waktu sintesis cepat, dan ukuran partikel nano yang sangat kecil. Kekurangan sintesis nanopartikel perak mengunakan metode kimia yakni mudah teraglomerasi, mudah teragregasi, dan bahan kimia yang digunakan menghasilkan limbah tidak ramah lingkungan (Wulandari & Safaat, 2021).

2.7 Biosintesis Nanopartikel Perak

Dalam pertumbuhan nanopartikel perak menggunakan bioreduktor terdiri dari 3 fase. Fase aktivasi (fase 1), dimana perak dalam larutan AgNO3 tereduksi oleh tumbuhan membentuk Ag0. Dilanjutkan pada fase pertumbuhan (fase 2), fase ini dikenal dengan proses pematangan atau persiapan yang mana nanopartikel kecil secara spontan bergabung membentuk partikel yang lebih besar. Fase terminasi (fase 3) merupakan tahap terakhir, dimana AgNPs tercapping sekaligus terbentuk ukuran nanopartikel perak dengan diameter tertentu. Proses terminasi sangat dipengaruhi oleh kemampuan ekstrak organisme untuk menyetabilkan nanopartikel logam yang terbentuk.



Gambar 2.9 Mekanisme Umum Pembentukan Nanopartikel Perak (Karim dkk, 2022)

Pembentukan nanopartikel perak dibuktikan dengan proses terjadinya perubahan dari larutan kuning pucat menjadi kuning pekat saat dilakukan proses pemanasan menggunakan hotplate, seperti penelitian yang dilakukan oleh Karim dkk. (2022) bahwa terbentuknya warna tersebut disebabkan oleh eksitasi dari permukaan plasmon nanopartikel. Perubahan warna yang dihasilkan selama sintesis menunjukkan pertumbuhan cluster yang dihasilkan semakin besar, dimana pada saat atom perak belum saling berinteraksi satu sama lain. Dalam jumlah tertentu dan memasuki ukuran nano cluster perak berubah warna menjadi kuning pekat. Atom-atom Ag akan saling berinteraksi dengan ikatan logam sesamanya dan menghasilkan cluster dalam jumlah yang sangat besar. Namun kumpulan atom Ag (cluster) yang terus menerus semakin berkembang dapat dikendalikan sehingga ukurannya hanya sampai berdiameter tertentu salah satunya dapat dikendalikan dengan cara mengatur suhu sintesis (Sari dkk 2017 & Rahma, 2019).

Gambar 2.10 Perubahan warna larutan pada poses sintesis nanopartikel

2.8 PVA

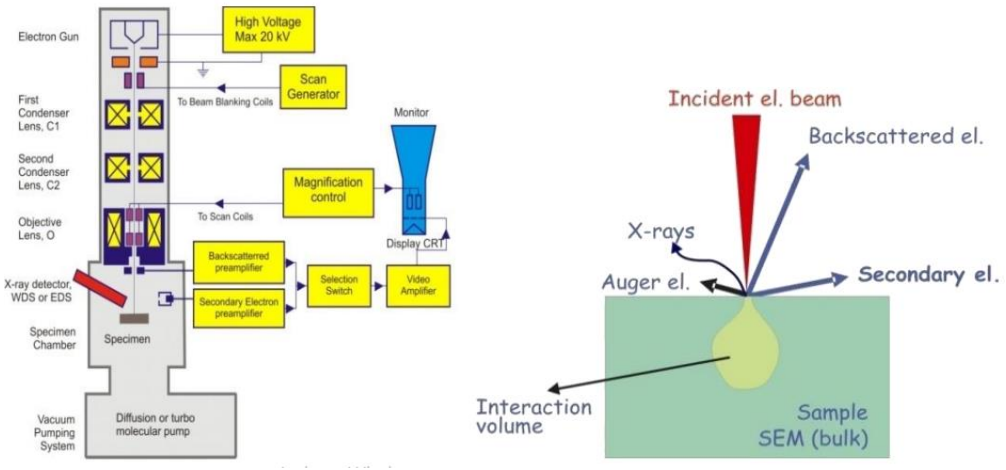
PVA (Polivinil alkohol) adalah polimer buatan yang telah digunakan selama paruh pertama abad ke-20 di seluruh dunia. Ini telah diterapkan di sektor industri, komersial, medis, dan makanan dan telah digunakan untuk menghasilkan banyak produk akhir, seperti pernis, resin, benang bedah, dan

bahan pengemas makanan yang sering bersentuhan dengan makanan (Gaaz et al., 2015). Polivinil alkohol (C_2H_4O) memiliki kemampuan pembentukan film yang baik, tidak beracun, larut dalam air, serta dapat meningkatkan kestabilan termal dan mekanik (Nagarkar & Patel, 2019). PVA dalam pembuatan nanopartikel sering digunakan sebagai stabilizer. Pemanfaatan ini sesuai dengan kemampuannya yang dapat meningkatkan stabilitas termal dan mekanik. Pemakaian PVA sebagai stabilizer nanopartikel terbukti efektif dalam penelitian Nisa dkk., (2020) nanopartikel perak ekstrak kelor tanpa penambahan PVA memiliki ukuran kisaran 13,24 - 22,53, penambahan PVA 1% memiliki ukuran partikel 11,52 - 17,76 nm, PVA 3% memiliki ukuran 13,36 - 23,22 nm dan PVA 5% memiliki ukuran partikel yang hampir seragam dengan kisaran 11,61 - 15,40 nm.

2.9 Karakterisasi Nanopartikel

2.9.1 SEM

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) merupakan mikroskop elektron yang dapat digunakan untuk mengamati morfologi permukaan dalam skala mikro dan nano. Teknik analisis SEM menggunakan elektron sebagai sumber pencitraan dan medan elektromagnetik sebagai lensanya (Rianita dkk, 2014). SEM merupakan mikroskop elektron yang menghasilkan gambaran permukaan suatu sampel dengan resolusi tinggi. Resolusi Scanning Electron Microscope (SEM) lebih tinggi daripada mikroskop optik dengan perbesaran mencapai 10 sampai 50.000 kali. (Septiano dkk., 2021).



Gambar 2.11 (a) Mekanisme kerja SEM, (b) Skema Interaksi Antara Bahan dan Elektron (Sujatno dkk, 2017).

Prinsip kerja SEM dilakukan dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang dikenai sinar (elektron) akan memantulkan kembali berkas elektron (elektron sekunder) ke segala arah. Salah satu dari pantulan berkas electron yang memiliki intensitas tinggi akan dipantulkan kepada sampel yang diamati, Sehingga akan muncul gambar permukaan dari sampel. (Hoten, 2020).

2.9.2 PSA

PSA (Particle Size Analyze) merupakan alat untuk mengetahui distribusi dan ukuran partikel. Pengukuran mengunakan alat PSA dapat mengukur hingga 0,6 nm –7 µm. Sampel pengujian PSA umumnya mengunakan sampel cair dibandingkan sampel serbuk/ basah, sampel cair memiliki keakuratan lebih tinggi, tidak mudah mengalami aglomerasi, dan partikel bersifat tanggal. Pengukuran PSA juga menunjukkan distribusi partikel yang menggambarkan keseluruhan kondisi sampel. Karakterisasi menggunakan PSA (particle size

analysis) bertujuan untuk membandingkan dan mengetahui tingkat keakurasian ImageJ terhadap PSA (Hoten, 2020; Dwi dkk, 2018).

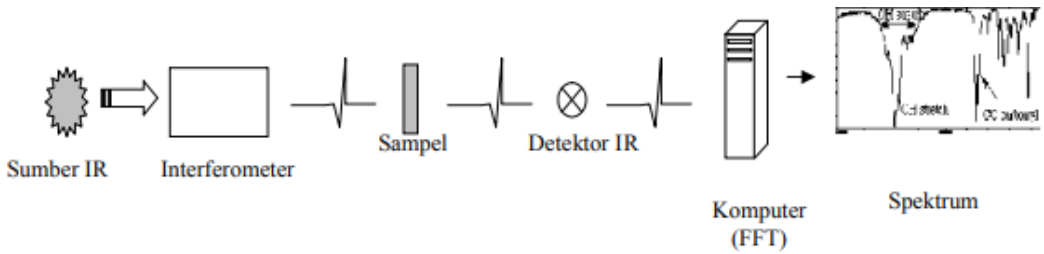
Uji alat PSA memiliki beberapa metode yakni Laser Diffraction (LD), Dynamic Light Scattering (DLS), Dynamic Image Analysis (DIA) atau Analisis Saringan. Dalam penelitian ini uji PSA yang digunakan adalah metode Dinamyc Light Scattering (DLS) menggunakan alat PSA bermerek Microtec. Metode DLS memanfaatkan hamburan inframerah dengan menembakkan alat menuju sampel sehingga sampel akan bereaksi menghasilkan gerak brown (gerak acak dari partikel yang sangat kecil dalam cairan akibat dari benturan dengan molekul-molekul yang ada dalam zat cair). Gerak inilah yang kemudian di analisis oleh alat, semakin kecil ukuran molekul maka akan semakin cepat gerakannya (Nuraeni dkk., 2013).

2.9.3 FTIR

FTIR merupakan alat untuk mengidentifikasi biomolekul yang menyebabkan pengurangan ion Ag+ menjadi ion Ag0. Data yang dapat dibaca dari hasil uji FTIR yakni berupa puncak spektrum yang menunjukkan adanya penyerapan dari kelompok fungsional (Sable et al., 2012). Spektofotometer FTIR dapat menghasilkan dua analisis berbeda yakni kuantitatif dan kualitatif (Sjahfirdi dkk.,2015).

Menurut Sanjiwani dkk., (2020) Fourier Transform Infrared (FTIR) dapat diartikan sebagai spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Spektroskopi inframerah memiliki manfaat untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang

sangat kompleks. FTIR memiliki tiga teknik pembuatan spectrum sampel yang memiliki karakteristik spektrum vibrasi molekul tertentu yaitu Demountable liquid cell, Diffuse reflectance measuring, dan Total Attenuated Reflectance. Prinsip kerja spektrofotometer FTIR yaitu sinar datang dari sumber, sinar diteruskan dan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian yakni jalur sampel dan jalur referensi. Interferensi antara kedua jalur ini kemudian digunakan untuk mendapatkan informasi spektral dari sampel. Informasi dari spektral dihasilkan melalui pantulan dan pemecahan sinar Infra-merah (Sari & Fajri, 2018).



Gambar 2.12 Mekanisme kerja FTIR (Suseno & Firdausi, 2008)

2.10 Penelitian Pendukung Sintesis Nanopartikel Perak yang Direduksi Tanaman sebagai Agen Antijamur

Penelitan yang dilakukan oleh Mursyida & Putri (2024) yang berjudul Nanopartikel Perak dari Ekstrak Kulit Nanas: Potensi Antifungal terhadap Malassezia furfur ATCC 14521 membahas terkait pengembangan nanopartikel perak yang biosintesis menggunakan ekstrak kulit nanas sebagai agen antifungal terhadap Malassezia furfur, fungus penyebab penyakit Pityriasis versicolor. Penelitian ini menegaskan bahwa kulit nanas, limbah yang kaya akan senyawa aktif seperti flavonoid, alkaloid, tannin, dan saponin, memiliki potensi sebagai agen pereduksi alami dalam sintesis nanopartikel perak. Proses biosintesis diawali dengan perubahan warna larutan dari kuning jernih menjadi kuning pekat kehitaman, yang menunjukkan terbentuknya nanopartikel perak, dikonfirmasi

melalui spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang sekitar 320-340 nm. Hasil biosintesis menunjukkan bahwa parameter optimal untuk pembentukan nanopartikel berada pada rasio 1:4 dan waktu pengadukan 3 jam, menghasilkan konsentrasi absorbansi sebesar 1,94. Pengujian daya hambat dilakukan dengan metode uji difusi sumur, dimana diameter zona hambat terbesar sebesar 13,15 mm pada rasio 1:6 dengan pengadukan 24 jam, menunjukkan efektivitas tinggi nanopartikel terhadap pertumbuhan Malassezia furfur. Data statistikal analisis One Way ANOVA menunjukkan adanya perbedaan signifikan antar kelompok perlakuan dengan p-value <0,05. Hasil ini mendukung bahwa nanopartikel perak biosintetik dari limbah kulit nanas memiliki potensi sebagai agen antifungal yang efektif dalam mengendalikan infeksi kulit yang disebabkan oleh Malassezia furfur.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksplorasi dan eksperiman yang bertujuan mengidentifikasi hasil uji sintesis nanopartikel perak dengan ekstrak daun (*Muntingia calabura*) sebagai bioreduktor dalam mengendalikan jamur *Colletotrichum* sp. Penelitian ini melibatkan beberapa tahap yaitu ekstraksi daun kersen dengan metode maserasi, biosintesis perak nitrat (AgNO3) ekstrak daun kersen dengan berbagai konsentrasi AgNPs 25%, 50%, 75%, dan 100%, kemudian mendeteksi adanya NPP dengan karakterisasi nanopartikel menggunakan PSA, SEM dan FTIR, uji antifungi secara in vitro menggunakan metode zona hambat, KHM, dan KBM, serta uji in vivo menentukan presentase kejadian penyakit dan keparahan penyakit.

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan bulan bulan Februari-Mei 2025 di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Lamongan, Laboratorium Mikrobiologi Program Studi Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Farmasi Universitas Airlangga, dan Departemen Teknik Mesin FTI Institut Tekhnologi Sepuluh Nopember (ITS).

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: autoklaf, gelas arloji, timbangan digital, gelas ukur, pinset, *Laminar Air Flow* (LAF), incubator,

hotplate stirrer, bunsen, jarum ose, *mikro plate*, *cutton swap*, spatula, *blue tip*, korek api, mikroskop, cawan petri, toples kaca, spatula, labu ukur, timbangan, gelas ukur, elenmeyer 250 ml dan 500 ml, corong buchner, rotary evaporator, kertas saring whatman, tube, mikropipet, pipet, tabung reaksi, rak tabung reaksi, *microwafe*, *scanning electron microscopy* (SEM), dan *particle size analyzer* (PSA), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), Spektroskopi UV-Vis *Centrifuge*, dan oven.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penenilitan ini adalah serbuk simplisia daun kersen (*Muntingia calabura* L.), cabai. alcohol 70%, isolate (biakan murni) jamur *Colletotrichum* sp., media SDA (*Saboraound Dextrose* Agar), media SDB (*Sabouraud Dextrose Broth*), Etanol 70%, akuades, akuabides, laurtan Perak Nitrat AgNO3 dan PVA (*polyvinyl alcohol*) padat.

3.4 Langkah Kerja

3.4.1 Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Kersen

3.4.1.1 Preparasi Simplisia Ekstrak Daun Kersen

Simplisia daun kersen diperoleh dari Materia Medica Batu (MMB) dalam bentuk serbuk. Simplisia daun kersen yang digunakan adalah sebanyak 1 kg gram untuk penelitian.

3.4.1.2 Preparasi (AgNO3) dan (PVA)

Sebanyak 0,068 gram serbuk AgNO3 dilarutkan ke dalam akuabides hingga volume 200 mL dan dihomogenkan untuk membuat larutan AgNO3 2 mM. Selanjutnya dipipet sebanyak 150 mL dari larutan AgNO3 2 mM ke dalam

labu ukur 250 mL dan ditambahkan akuabides hingga 200 ml untuk membuat konsentrasi AgNO3 1,5 mM. Sedangkan pembuatan larutan PVA 1.5% yaitu melarutkan sebanyak 2 gram serbuk PVA dipanaskan dengan akuabides hingga larut kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan dihomogenkan untuk membuat larutan PVA 2%. Selanjutnya, dipipet ke dalam labuukur 50 mL sebanyak 37,5 mL dari larutan PVA 2% untuk membuat konsentrasi PVA 1,5% , kemudian ditambahkan akuabides hingga tanda batas. (Melyanti dkk, 2016).

3.4.1.3 Ekstraksi Simplisia Daun Kersen

Pembuatan ekstrak daun kersen menggunakan metode maserasi, modifikasi dari Lupitasari & Azzahra (2025). Bubuk daun kersen disiapkan sebanyak 1 kg gram kemudian direndam menggunakan pelarut etanol 70% sebanyak 1:3 (w/v) pada toples kaca hingga seluruh bagian terendam sambil diaduk dengan batang pengaduk kaca agar tercampur secara sempurna. Ekstrak ditutup rapat lalu direndam selama 3 x 24 jam kemudian larutan ekstrak dipisahkan dari ampasnya menggunakan alat vaccum yang dilapisi dengan kertas saring kemudian hasilnya dituang ke mortal untuk diuapkan pelarutnya menggunakan oven pada suhu 40^{o}C hingga pelarutnya menyusut.

3.4.1.4 Sintesis Nanopartikel Perak

Sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan metode yang dimodifikasi dari Lupitasari & Azzahra (2025). Larutan AgNO3, ekstrak daun kersen dan PVA 1.5% dicampur dengan perbandingan 40:3:12 sehingga 150 ml larutan AgNO3 dicampur dengan ekstrak kental daun kersen sebanyak 11,25 ml dan 45 ml PVA. Kemudian larutan campuran diaduk menggunakan magnetic stireer selama 2 jam dan disimpan dalam botol kaca. Karakterisasi larutan campuran berupa perubahan

warna selama 7 hari. Pembentukan nanopartikel perak ditandai dengan perubahan warna larutan dari kuning getah bening menjadi kuning kecokelatan atau merah kecokelatan. Kemudian larutan diuji PSA dan FTIR. Terkait uji SEM, larutan nanopartikel perak yang sudah terbentuk dirubah menjadi bentuk serbuk dengan cara disentrifugasi menggunakan kecepatan 4000 rpm selama 30 menit pada suhu 20°C. Pelet atau endapan dikeringkan dalam inkubator pada suhu 45°C selama 24 jam. Serbuk nanopartikel yang telah kering kemudian dilunakkan hingga halus dengan mortar. Serbuk yang sudah halus siap untuk diujikan.

Nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak daun kersen kemudian diencerkan sebanyak 50 ml disetiap variasi konsentrasi menggunakan akuabides, variasi konsentrasinya yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100% (Wahyudi dkk, 2011).

Rumus pengenceran ekstrak yakni sebagai berikut:

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

Keterangan:

V_1 = jumlah volume yang akan diambil dari larutan pekat (diketahui konsentrasinya)
M_1 = konsentrasi larutan pekat yang akan diencerkan
V_2 = volume larutan encer yang ingin dibuat
M_2 = konsentrasi larutan encer yang ingin dibuat

3.4.1.5 Karakterisasi Nanopartikel Perak

a. PSA (*Particle Size Analyze*)

Karakterisasi nanopartikel dalam penelitian ini dilakukan menggunakan alat PSA (*Particle Size Analyzer*) untuk mengetahui ukuran dan distribusi partikel. Pengukuran nanopartikel mengikuti metode yang digunakan oleh Nuraeni et al.

(2013), di mana sampel yang telah dihomogenkan diteteskan pada lensa identifikasi. Kemudian, sinar laser dengan panjang gelombang nano diarahkan ke sampel tersebut untuk menghasilkan grafik sebaran yang memberikan informasi tentang ukuran dan distribusi nanopartikel. Data ini secara otomatis terekam di layar monitor. Hasil uji PSA berupa grafik batang yang menunjukkan distribusi ukuran partikel rata-rata (diameter), terdapat p*olydispersity index* yaitu mengukur variasi ukuran partikel dalam sampel.

b. SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Karakterisasi dengan SEM untuk melihat morfologi permukaan dan ukuran butir nanopartikel, dengan mengambil sampel yang berbentuk serbuk untuk diujikan menggunakan alat SEM yang sudah terhubung dengan komputer untuk diamati bentuk morfologi dan ukuran butir nanopartikel. Metode yang digunakan dimodifikasi dari Julinawati et al (2015) yakni sampel yang akan dianalisis dihaluskan terlebih dahulu menggunakan mortar atau *mill grinding*. Setelah dihaluskan ditempelkan pada tempat sampel yang sudah dilekatkan carbon tape dan sisa sampel yang tidak melekat dibersihkan pada carbon tape kemudian dimasukkan kedalam holder sampel SEM. Prinsip kerja SEM dilakukan dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang dikenai sinar (elektron) akan memantulkan kembali berkas elektron (elektron sekunder) ke segala arah. Salah satu dari pantulan berkas electron yang memiliki intensitas tinggi akan dipantulkan kepada sampel yang diamati, Sehingga akan muncul gambar permukaan dari sampel. (Hoten, 2020).

c. FTIR (*Fourier Transform InfraRed*)

Identifikasi gugus fungsi suatu senyawa yang berperan dalam sintesis nanopartikel dilakukan dengan analisis dan karakterisasi mengunakan FTIR (*Fourier Transform InfraRed*). Sejalan dengan penelitian Muchtaromah et al. (2020) Analisis dilakukan dengan mengambil sampel cair, kemudian sampel dimasukkan ke dalam alat FTIR dan selanjutnya ditembak sinar dari spektofotometer inframerah. Hasil analisis berupa histogram yang menampilkan puncak-puncak dari gugus fungsi pada sampel. Histogram yang diperoleh selanjutnya akan dianalisis untuk memperoleh data kualitatif maupun kuantitatif. Prinsip kerja spektrofotometer FTIR yaitu sinar datang dari sumber, sinar diteruskan dan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian yakni jalur sampel dan jalur referensi. Interferensi antara kedua jalur ini kemudian digunakan untuk mendapatkan informasi spektral dari sampel. Informasi dari spektral dihasilkan melalui pantulan dan pemecahan sinar Infra-merah (Sari & Fajri, 2018).

3.4.2 Uji Antifungi secara In Vitro

3.4.2.1 Pembuatan Media

Pembuatan media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dilakukan dengan cara melarutkan PDA dalam aquades sesuai dengan volume yang dibutuhkan. Media PDA ditimbang sebanyak 19.5 gram dan ditambahkan aquades sebanyak 500 ml dalam erlenmeyer. Lalu ditambahkan *gentamycin* sebanyak 15 mg untuk mencegah pertumbuhan bakteri. Kemudian larutan media PDA dan aquades dihomogenkan dengan diaduk menggunakan magnetic stirrer yang dipanaskan di atas hot plate. Disterilisasi di dalam autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C

dengan tekanan 1-2 atm. Dituangkan 10-20 ml media PDA ke dalam cawan petri steril secara aseptis dan homogenkan (Rohmi et al., 2019)

3.4.2.2 Regenerasi dan Konfirmasi Jamur *Colletotrichum* sp.

Isolate murni jamur *Col letotrichum* sp. diperoleh dari koleksi Laboratorium CV. Wiyasa Mandiri Wilayah Singosari. Isolate murni tersebut kemudian direisolasi kembali pada media PDA dengan cara menyiapkan media PDA terlebih dahulu di dalam cawan petri kemudian menumbuhkan biakan murni jamur *Colletotrichum* sp. ukuran diameter 5 mm yang diambil dari *testube* lalu diletakkan dibagian tengah cawan petri yang berisi media PDA. Isolate diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari. (Syabana dkk, 2015). Hasil inkubasi kemudian dibuat preparat lalu diamati di mikroskop untuk melihat karakteristiknya secara mikroskopis struktur hifa dan konidium jamurnya setelah itu disesuaikan dengan literatur.

3.4.2.3 Pembuatan Larutan Mc. Farland

Pembuatan Larutan McFarland 0,5. Dipipet larutan BaCl2 1 % sebanyak 0,05 ml dimasukan ke dalam tabung reaksi tutup ulir. Kemudian dipipet juga larutan H2SO4 1 % sebanyak 9,95 ml. Dicampurkan kedalam tabung reaksi tutup ulir yang sudah berisi larutan BaCl2 1 %. larutan inidi vortex sampai tercampur sempurna. Penyimpanan larutan di dalam kulkas (Rosmania & Yanti. 2020)

3.4.2.4 Pembuatan Suspensi *Colletotrichum* sp.

Miselium jamur *Colletotrichum* sp. yang sudah ditumbuhkan dan diperbanyak pada permukaan media PDA dicuci menggunakan akuades steril sebanyak 50 ml. Proses pencucian dilakukan dengan cara menyapukan kuas kecil

yang steril agar miselium dan spora yang terdapat di permukaan media dapat lepas dan terbawa bersama akuades steril (akuades diberi larutan tween 80 sebanyak 1% agar jamur mampu mengikat). Kemudian, air cucian ditampung dan dimasukkan kedalam Erlenmeyer lalu diaduk menggunakan *rotary shaker*/vortex selama 5 menit agar spora dapat terlepas dan menyebar dalam suspensi. Setelah itu, larutan suspense disetarakan dengan standar mc.farland 0.5 sebagai referensi untuk menyesuaikan tingkat kekeruhan yang setara dengan jumlah jamur $1{,}5x10^{8}$ sel/ml (Hidana & Dinah, 2016; Rosmania & Yanti, 2020; Luhurningtyas dkk. 2018).

3.4.2.5 Uji Aktivitas Antifungi

Potensi antijamur dari AgNP yang disintesis secara biologis dilakukan dengan metode yang dimodifikasi oleh Iskandar (2020) dan Amelia dkk (2019). Media PDA yang telah cair diambil sebanyak 9 ml dicampurkan dengan 1 ml nanopartikel perak ekstrak daun kersen sesuai perlakuan (25%, 50%, 75%, dan 100%), kemudian cawan petri digoyang-goyang agar media dan ekstrak menjadi homogen. Inokulasikan koloni *Colletotrichum* sp. dengan ukuran 0,5 cm di tengah cawan petri. Kontrol negatif yang hanya berisi akuades. Kontrol positif menggunakan ketokonazol 2%. Kontrol ekstrak daun kersen 60%, dan kontrol nanopartikel menggunakan AgNO3. Cawan petri diinkubasi dalam kondisi gelap pada suhu 25^{o}C selama 5 hari berikutnya. Pertumbuhan miselia jamur dihitung menggunakan rata-rata dua diameter koloni jamur dengan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{C - T}{C} \; X \; 100\%$$

Keterangan :
I = presentase penghambatan
C = diameter koloni cendawan pada kontrol

T = diameter koloni cendawan pada perlakuan

Klasifikasi nilai aktivitas antijamur (AFA) menurut Suganda dkk (2023) yakni : >76% = sangat kuat; 51-75% = kuat; 26-50% = sedang; 1-25% = lemah; dan 0% = tidak aktif.

3.5.2.6 Penentuan KHM dan KBM

Uji Konsentrasi hambat minimum (KHM) dilakukan dengan metode mikrodilusi menggunakan *microplate 96-wells* yang dimodifikasi dari penelitian Luhurningtyas dkk (2018). Penentuan KHM terdiri dari kontrol pertumbuhan jamur, kontrol pelarut (DMSO 1%), kontrol pembanding (Ketokonazol), dan ekstrak uji. Pengujian dilakukan secara triplo sebanyak 100µl suspense jamur *Colletotrichum* sp. dimasukkan ke dalam tiap sumuran. Pada kolom uji, dimasukkan larutan variasi pengenceran nanopartikel ekstrak yang mengacu pada penelitian Effendi dkk (2014) beserta media SDB hingga 100µl. Terdapat kontrol positif berupa ketokonazol, kontrol media, kontrol perak dan ekstrak daun kersen 60%. Masing-masing sumuran lalu dihomogenkan dan diinkubasi pada suhu ruang selama 5 hari. Selanjutnya diamati bagian yang jernih. Konsentrasi terendah yang tidak keruh ditetapkan sebagai konsentrasi hambat minimum (KHM). Terbentuknya koloni dalam larutan (keruh) pada mikroplate setelah diinkubasi menandakan adanya pertumbuhan jamur.

Uji selanjutnya yaitu KBM (konsentrasi bunuh minimum). Sebanyak 5 µL alikuot dari setiap bagian yang jernih di tanam pada media SDA dan diinkubasi pada suhu ruang selama 5 hari kemudian diamati. Pengujian dilakukan secara triplo. Konsentrasi terkecil dimana tidak terlihat pertumbuhan fungi ditetapkan sebagai KBM.

3.4.3 Uji Antifungi secara In Vivo

3.4.3.1 Persiapan Buah Cabai

Buah cabai yang digunakan dalam penelitian ini yaitu buah cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) yang masih segar setelah panen dengan kriteria buah matang secara fisiologis, berwarna orange kemerahan, sehat dalam artian tidak ada gejala serangan pathogen (Ali dkk., 2012), permukaan buah halus (Hayatudin, 2021). Buah cabai rawit di ambil dari lahan persawahan di Desa Blawi Kec. Karangbinangun Kab. Lamongan.

3.4.3.2 Inokulasi Jamur *Colletotrichum* sp. dan Aplikasi Nanopartikel Ekstrak Daun Kersen Pada Buah Cabai Rawit

Tahap inokulasi jamur *Colletotrichum sp.* menggunakan metode inokulasi modifikasi dari Admassie *et al.,* (2015) dengan cara buah disterilkan terlebih dahulu menggunakan alcohol 70% selama 2 menit kemudian dibilas menggunakan akuades steril lalu dikeringkan dengan kertas saring dan diangin-anginkan. Setelah kering, setiap buah cabai disuntik suspense konidia jamur sebanyak 0,2 ml menggunakan spuit lalu dimasukkan ke dalam gelas piala 100 ml yang berisi masing-masing perlakuan konsentrasi ekstrak selama 5 menit kemudian diangin-anginkan. Buah cabai rawit yang telah diberi perlakuan lalu disimpan dalam thinwall 200 ml yang dilapisi kertas saring lembab. Cabai rawit kemudian diamati selama 10 hari gejala penyakit yang muncul pada permukaan buah yang telah terinfeksi dan secara rutin disemprot menggunakan akuades steril agar tetap lembab. Kemudian selama proses pengamatan 10 hari, dilakukan pengamatan setiap hari untuk melihat kejadian penyakit dan keparahan penyakit.

3.4.3.3 Menghitung Kejadian Penyakit

Kejadian penyakit atau intensitas penyakit diamati setiap hari sejak munculnya gejala. Berdasarkan sifat penyakit yang sistemik maka intensitas penyakit dihitung dengan rumus menurut Mahesa dkk. (2022) dan Suparto dkk. (2023) yakni sebagai berikut :

$$Pt = \frac{n}{N} \, x \, 100\%$$

Keterangan : Pt = kejadian penyakit (%)
n = jumlah titik luka yang bergejala antraknosa
N = jumlah titik luka yang diamati.

3.4.3.4 Menghitung Keparahan Penyakit

Keparahan penyakit dihitung dengan rumus menurut Hayu dkk. (2013) dan Suparto dkk. (2023) yakni sebagai berikut :

$$I = \sum \frac{(nxv)}{NxV} x \, 100\%$$

Keterangan :
I = intensitas buah yang diserang
n = jumlah buah terserang
v = nilai numeric buah yang diamati
N = jumlah buah yang diamati
V = nilai numeric kategori tertinggi

Skor keparahan penyakit antarknosa didasarkan pada skala kerusakan yang terserang penyakit (Herwidyarti, 2011 *dalam* Hayu dkk. 2013) Nilai skala kategori serangan (skor) menurut Suparto dkk. (2023) yakni sebagai berikut :

Tabel 3.1 Skala Kategori Serangan

Skala	Presentase Buah Sakit	Keterangan
0	0	Tidak terinfeksi
1	>0-15%	Sangat ringan
2	>5-15%	Ringan
3	>15-30%	Sedang
4	>30%	Berat

3.4.4 Analisis Data

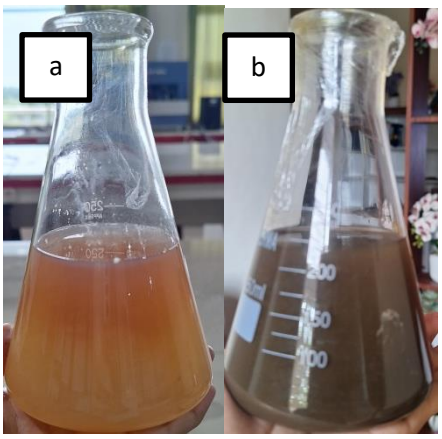
Terdapat dua data yang akan dianalisis. Pertama, deskriptif nanopartikel perak ekstrak daun kersen yag dilihat dari morfologi, sebaran ukuran nanopartikel, dan gugus fungsi yang berperan membentuk nanopartikel. Kedua, deskriptif kuantitatif data yang diperoleh pada uji aktivitas fungi yakni berupa daya hambat, nilai KHM dan KBM. Data yang diperoleh kemudian dilanjutkan dengan analisis ragam ANOVA (*Analysis of Variance*) menggunakan SPSS. Apabila hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan taraf 5%.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Biosintesis Nanopartikel Perak yang Direduksi Ekstrak Daun Kersen

Hasil biosintesis nanopartikel perak (1.5 mM) yang direduksi menggunakan ekstrak daun kersen selama 5 hari terlihat adanya perubahan warna dari kuning menjadi coklat tua seperti pada (gambar 4.1). Perubahan warna tersebut terjadi akibat adanya proses reduksi oksidasi oleh senyawa aktif yang terdapat pada ekstrak daun kersen. Hal ini sesuai dengan pernyataan Qurrataayun dkk (2022) bahwa nanopartikel perak (AgNP) mulai terbentuk ketika terjadi perubahan warna larutan sintesis yaitu berwarna kuning menjadi coklat tua seiring berjalannya waktu kontak antara ekstrak dan larutan Ag^{+}. perbedaan wana AgNP pada setiap campuran dipengaruhi oleh kandungan senyawa bioaktif pereduksi organik yang digunakan. Elamawi et al (2018) menyatakan peningkatan intensitas warna pada larutan yang semula kuning menjadi kecoklatan disebabkan oleh peningkatan jumlah nanopartikel yang terbentuk dari reduksi ion perak.

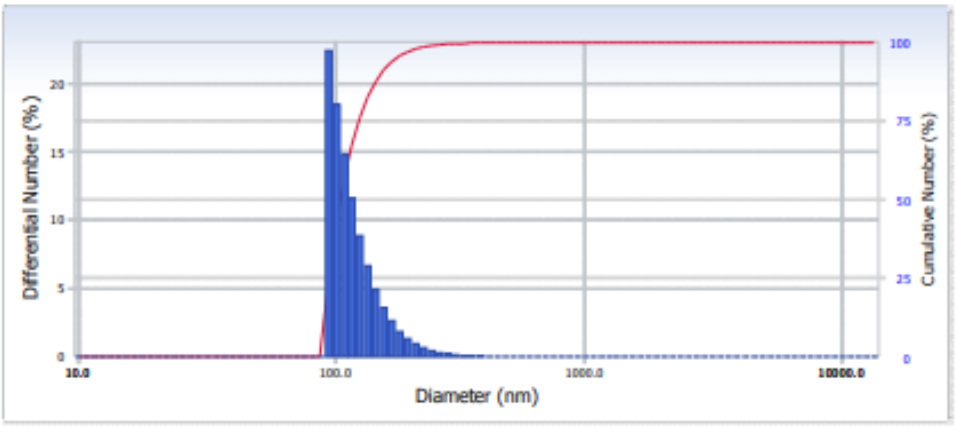


Gambar 4.1 Hasil biosintesis ekstrak daun kersen dan perak nitrat (AgNO3), (a) Sebelum, (b) Setelah.

Kandungan senyawa aktif dalam tumbuhan berperan penting untuk mereduksi senyawa Ag+ menjadi Ag0. Senyawa aktif dalam simplisia daun kersen antara lain seperti flavonoid, triterpenoid, saponin dan senyawa aktif lainnya. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat Azlan dkk (2020) bahwa *M. calabura* memiliki kandungan fitokimia antioksidan yang tinggi termasuk terpenoid, flavonoid, tanin, dan fenol yang bermanfaat untuk aktivitas farmakologis. Senyawa-senyawa ini bertindak sebagai agen pereduksi dan bertindak sebagai capping agen atau penstabil dalam sintesis nanopartikel. Perubahan warna pada larutan nanopartikel dari kuning menjadi kecoklatan juga dapat diakibatkan oleh lapisan permukaan yang menutupi nanopartikel. Lapisan permukaan nanopartikel dapat mengubah indeks refraksi sekitar partikel dan mempengaruhi pemantulan cahaya, sehingga memengaruhi warna yang terlihat (Fahmy et al., 2019).

4.1.1 Hasil Uji PSA Nanopartikel P erak Ekstrak Daun Kersen

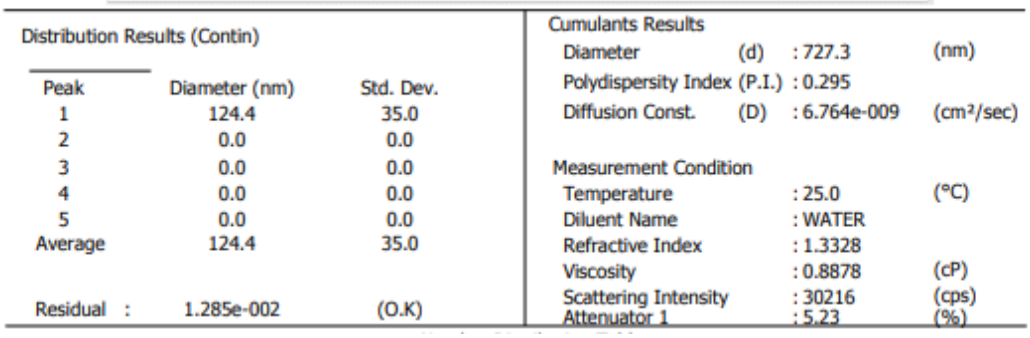
PSA (*Particle Size Analyze*) merupakan alat untuk mengetahui distribusi dan ukuran partikel (Hoten, 2020). Karakterisasi nanopartikel perak mengunakan PSA bertujuan untuk mengetahui sebaran dan distribusi ukuran nanopartikel yang telah direduksi oleh daun kersen. Metode yang digunakan dalam uji PSA ini yaitu *dynamic light scattering* (DLS). Metode tersebut umum untuk menentukan ukuran partikel dengan cara memanfaatkan prinsip penghamburan cahaya yang disinarkan pada molekul. Molekul yang terpapar cahaya akan berfluktuasi dengan kecepatan yang tergantung pada ukuran partikelnya (Farkas & kramar, 2021). Hasil biosintesis nanopartikel perak menggunakan bioreduktor daun kersen bisa dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Hasil Uji PSA Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Kersen

Hasil uji PSA menunjukkan bahwa biosintesis nanopartikel perak memiliki rata-rata sebaran dan distribusi ukuran nanopartikel 124,4 nm. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa aktif dalam daun kersen mampu meruduksi ion logam Ag+ menjadi Ag0 dan menghasilkan partikel berukuran nano. Ukuran tersebut juga tergolong dalam skala nanopartikel yang berkisar antara 1-1000 nm. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kurniasari & Atun (2017) bahwa nanopartikel merupakan partikel koloid padat dengan diameter 1-1000 nm. Data yang diperoleh dari uji PSA menginformasikan sebaran ukuran nanopartikel dari yang terkecil yakni 93,4 nm dan yang terbesar rata-rata ukuran 158,5 nm. Hasil tersebut membuktikan bahwasanya ukuran nanopartikel memiliki variasi yang beragam, hal tersebut disebabkan oleh terjadinya proses agregasi seiring lama simpan koloid dan senyawa metabolit yang terkandung tidak berfungsi maksimal menjadi capping agent. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat Sulfikar dkk., (2015) ukuran partikel yang beragam diakibatkan oleh efek agregasi nanopartikel, penggunaan ekstrak buah manggis dapat menghasilkan ukuran nanopartikel berkisar 204,23 nm – 562,49 nm dengan rata-rata ukuran nanopartikel yaitu pada kisaran sebesar 300 nm. Oktavia & Sutoyo (2021) menyatakan keberagaman

ukuran nanopartikel perak juga dipengaruhi oleh jumlah senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak bahan alam untuk berperan sebagai capping agent. Semakin tinggi jumlah senyawa metabolit sekunder terkandung dalam ekstrak tumbuhan yang berperan sebagai capping agent, maka semakin stabil pula ukuran nanopartikel perak yang dihasilkan.



Distribution Results (Contin)

Peak	Diameter (nm)	Std. Dev.
1	124.4	35.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
Average	124.4	35.0
Residual :	1.285e-002	(O.K)

Cumulants Results

Diameter	(d)	: 727.3	(nm)
Polydispersity Index	(P.I.)	: 0.295	
Diffusion Const.	(D)	: 6.764e-009	(cm²/sec)

Measurement Condition

Temperature	: 25.0	(°C)
Diluent Name	: WATER	
Refractive Index	: 1.3328	
Viscosity	: 0.8878	(cP)
Scattering Intensity	: 30216	(cps)
Attenuator 1	: 5.23	(%)

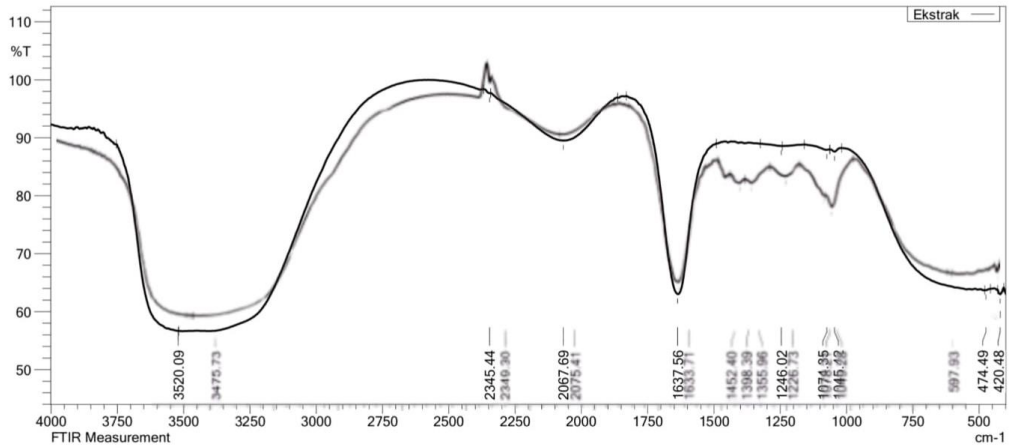
Gambar 4.3 Nilai indeks polidipersitas dan rata-rata diameter

Hasil PSA menunjukkan bahwa mayoritas nanopartikel memiliki diameter yang berkisar sekitar 124.4 nm, yang merupakan diameter puncak distribusi (peak diameter) menandakan sebagian besar nanopartikel memiliki ukuran mendekati nilai ini. Deviasi standar (Std. Dev) 35.0 nm, menandakan keberagaman ukuran partikel di sekitar nilai rata-rata. Polydispersity Index (P.I.): 0.295, yang menunjukkan tingkat distribusi ukuran yang moderat, mendekati sifat monodisperse namun masih memiliki variance yang cukup signifikan (Gambar 4.2).

4.1.2 Hasil Uji FTIR Nanopartikel Perak Esktrak Daun Kersen

Keberadaan gugus fungsional pada larutan nanopartikel perak ektrak simplisia pegagan dapat dianalisis dengan menggunakan instrument *fourier transform infra red* (FT-IR). Gugus fungsional yang berhasil dideteksi nantinya akan muncul adanya gelombang puncak pada spektrum. Masing-masing dari

gugus fungsional memiliki nilai gelombang yang berbeda sesuai dengan kemampuan gugus dalam menyerap energi inframerah. Pengujian FT-IR nanopartikel perak pegagan pada serapan gelombang spektro di range wilayah 1000-4000cm1, menunjukkan hasil yang dapat dilihat pada (Gambar 4.3)



Gambar 4.4 Hasil uji FT-IR nanopartikel perak ekstrak daun kersen (abu-abu) dan ekstrak daun kersen (hitam)

Ada beberapa puncak serapan gelombang yang akan muncul arti dari masing-masing gelombang mengenai gugus fungsi yang terkandung didalam nanopartikel perak yang telah terbentuk dapat dilihat pada (tabel 4.1)

Tabel 4.1 Gugus Fungsional yang terdapat pada nanopartikel perak daun kersen

Kelompok pita	Rentang waktu (cm-1)	Gugus fungsi	Keterangan
Hidroksil &fenol	3520.09 3475.73	O-H	Nurhasanah, 2016 Utami dkk, 2022
alkuna	2345.44 2349.30	C ≡ C	Sylvia dkk, 2022
Amida	1633.71, 1637.56	C=O	Sulistyani, 2017
Amida II	1452.40 1398.39	N-H	Shellyn dkk, 2020
Alcohol primer, gugus ester	1050-1300	C-O	Nurhadini dkk, 2021 Alvianto dkk, 2022 Atwa dkk, 2022

Puncak serapan yang dihasilkan dari uji FTIR sampel nanopartikel perak pegagan menunjukkan gugus fungsional tertentu. Gugus fungsional yang ditemukan yaitu gugus fenolik, alkana, alkuna, amida dan II, dan eter alkohol. Gugus fungsional fenolik -OH diketahui efektif berperan dalam mereduksi ion Ag dan menjadi capping agent pernyataan ini selaras dengan Sulfikar dkk., (2015) gugus fungsional mempunyai peran untuk mereduksi ion perak menjadi AgNPs antara lain adalah gugus fenolik (-OH) dan amina (-NH). Selain sebagai pereduksi gugus (O-H) juga dapat menjadi penstabil ukuran nanopartikel perak. Gugus fungsi amida juga berpengaruh pada reduksi logam perak. Pernyataan ini sesuai dengan Fatimah & Faridhatunnisa (2017) kemampuan ekstrak tanaman dalam mereduksi logam disebabkan oleh adanya gugus fungsi berupa alkenil (C=C), amida (C=N), fenolik dan alkohol (O-H), amina (N-H) dan karboksilat (COO) yang berasal dari metabolit sekunder tanaman.

Timbulnya manfaatan sebagai reduktor alami yang dihasilkan oleh ekstrak tumbuhan daun kersen yang membawa gugus hidroksil dan amida menandakan kebenaran dalil Allah SWT pada (Q.S. An-Nahl [16], Ayat 11)

يُنْۢبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُوْنَ وَالنَّخِيْلَ وَالْاَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرٰتِۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَاٰيَةً لِّقَوْمٍ يَّتَفَكَّرُوْنَ

Artinya: *Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam-tanaman; zaitun, korma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan*

Tafsir ayat di atas menurut Kementrian Agama Republik Indonesia yakni dengan air hujan Allah SWT menumbuhkan untuk kamu beragam tanam-tanaman yang dapat kamu manfaatkan untuk memenuhi kebutuhan kamu. Dari tafsiran

tersebut dapat kita ambil intisari bahwasanya Allah SWT memberikan segudang manfaat yang terkandung dalam tumbuhan terkhususnya pegagan yang dapat kita gunakan sebagai bioreduktor alami dalam sintesis logam. Merujuk pada penelitian Fathulloh (2021) mengenai nanopartikel perak ekstrak daun kersen didapati beberapa puncak serapan pada uji FT-IR ekstrak kersen pada titik 3520.09 cm-1 dan 3475.73 cm-1 menandakan adanya gugus fungsional O-H (hidroksil dan fenol), 2345.44 & 2349.30 cm-1 gugus fungsional C ≡ C (alkuna), 1633.71 cm-1 & 1637.56 cm-1 gugus fungsional C=O (amida), dan 1050-1300 cm-1 C-O (alkohol primer). Hasil tersebut dapat dilihat pada (Tabel 4.1)

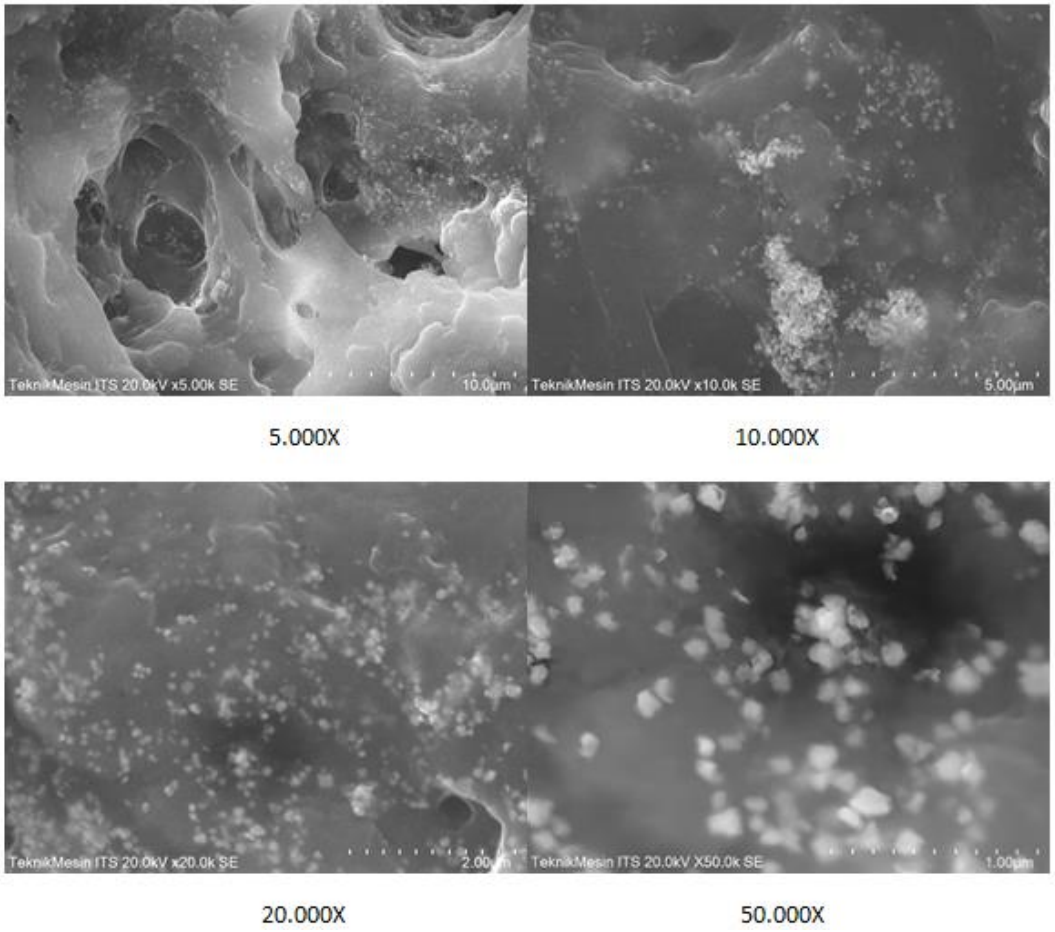
Ditemukan perbedaan nilai serapan gugus fungsional antara ekstrak daun kersen dan nanopartikel perak, pengamatan tersebut juga menunjukkan adanya pergeseran puncak serapan yang dihasilkan dari proses biosintesis. Pergeseran tersebut terjadi pada puncak serapan gelombang gugus fungsional O-H, pada ekstrak pegagan didapati titik serapan pada 3520,09 cm-1 sementara pada nanopartikel perak didapati titik serapan pada 3475,3,1 cm-1 . Pada keduanya juga terdapat pengurangan puncak titik serapan pada panjang gelombang 16370,56 cm-1 pada ekstrak pegagan, sehingga pada nanopartikel perak panjang gelombang 1633,71 cm-1 . Pengurangan tersebut menunjukkan bahwa adanya ikatan antara nanopartikel perak terhadap amida pada gugus fungsional ekstrak kersen. Hasil tersebut sesuai dengan pendapat Nur et al (2015) bahwa adanya gugus fungsional pada tumbuhan meliputi gugus hidroksil, fenolik, dan amida memiliki kontribusi dalam pembentukan nanopartikel perak pegagan. Wan et al (2020) menyatakan gugus fungsional yang mengalami pengurangan puncak serapan diakibatkan adanya ikantan antara gugus fungsional dengan AgNO, ikatan tersebut akan

memberikan pendonoran elektron yang akan menjadikan partikel berukuran nano dan stabil.

Ikatan gugus fungsional dalam pembentukan nanopartikel perak yakni ikatan kovalen. Ikatan kovalen merupakan ikatan kimia yang terbentuk dari pemakaian bersama pasangan elektron antara dua atom. Mekanisme pendonoran elektron pada pembentukan nanopartikel yakni terjadinya interaksi senyawa aktif tanaman pegagan dengan perekursor. Senyawa aktif ekstrak memiliki kemampuan untuk mengurangi elektron senyawa prekursor dan membentuk nanopartikel. (Jannah & Amaria, 2020).

4.1.3 Hasil Uji SEM Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Kersen

Uji SEM (Scanning Electron Microscope) merupakan analisis pengambaran morfologi partikel dengan pembesaran ribuan kali dan sebaran ukuran partikel. Perbesaran yang digunakan dalam uji SEM nanopartikel perak ektrak pegagan yakni 5000x, 10.000x, 20000x, 50.000 x. Morfologi yang dapat dilihat dari pengujian berbentuk bulat tak beraturan dapat dilihat pada (gambar 4.5).



Gambar 4.5 foto SEM nanopartikel perak ekstrak daun kersen

Pada perbesaran 5000x, nanopartikel perak terlihat tersebar secara merata di seluruh bidang pandang. Pada perbesaran 10.000x Nanopartikel tampak sebagai titik-titik kecil yang cukup jelas. Beberapa terjadi aglomerasi (pengelompokan) partikel yang dapat diamati meskipun sebagian besar partikel terlihat terpisah. Pada perbesaran 50.000x nanopartikel perak terlihat memiliki bentuk yang cenderung bulat meskipun beberapa partikel menunjukkan bentuk ireguler. Bentuk bulat umumnya digunakan sebagai nanocarrier pada bidang biomedis. Menurut Zhao et al (2017) nanopartikel berbentuk bulat memiliki kemampuan yang lebih akurat dan cepat untuk menghantarkan senyawa obat.

Selain dalam dunia medis, bentuk bulat pada nanopartikel juga mampu menghantarkan sifat antijamur yang baik untuk membunuh jamur pathogen pada tanaman.

Dari analisis gambat SEM menunjukkan bahwa nanopartikel perak memiliki ukuran yang bervariasi, menandakan adanya polidispersitas yang telah ditunjukkan oleh uji PSA. Ukuran nanopartikel perak ekstrak daun kersen yang relatif beragam menyebabkan nanopartikel perak lebih mudah mengalami agregasi. Penyebab dari keberagaman nanopartikel perak yakni variabilitas proses sintesis, proses sintesisi memiliki peranan penting dalam pembentukan nanopartikel, faktor-faktor seperti komposisi prekursor, suhu, pH, waktu reaksi, dan konsentrasi reagen, faktor ketidak seragaman dan pengaruh lingkungan seperti suhu, kelembaban, atau tekanan juga dapat mempengaruhi ukuran nanopartikel (Masykuroh & Nurulita, 2022) .

Melihat manfaat yang diberikan oleh nanopartikel bulat mengkonfirmasi bahwa apa yang diciptakan Allah SWT meskipun memiliki ukuran kecil dan bentuk apapun pastilah mengandung pelajaran yang dapat diambil. Salah satunya penciptaan nanopartikel yang dapat dimanfaatkan dalam dunia medis. Merujuk pada dalil Allah pada (Q.S Al-Zalzalah [99], Ayat 7-8):

فَمَنْ يَّعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ خَيْرًا يَّرَهٗ (٧) وَمَنْ يَّعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ شَرًّا يَّرَه

Artinya: *(7) "Siapa yang mengerjakan kebaikan seberat zarah, dia akan melihat (balasan)-nya. (8) Siapa yang mengerjakan kejahatan seberat zarah, dia akan melihat (balasan)-nya".*

Ayat tersebut menjelaskan bahwasanya sekecil apapun yang ditanam kebaikan ataupun keburukan pastilah akan menuai hasilnya. Dari makna tersebut dapat kita ungkap bahwasannya apapun penciptaan Allah baik itu berukuran kecil ataupun besar dan memiliki bentuk apapun pastilah dapat kita manfaatkan. Seperti pemanfaatan nanopartikel dalam dunia pertanian sebagai antijamur.

4.2 Aktivitas Antijamur Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Kersen terhadap Jamur *Colletotrichum* sp. secara in Vitro

4.2.1 Uji Zona Hambat Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Kersen terhadap Jamur *Colletotrichum* sp

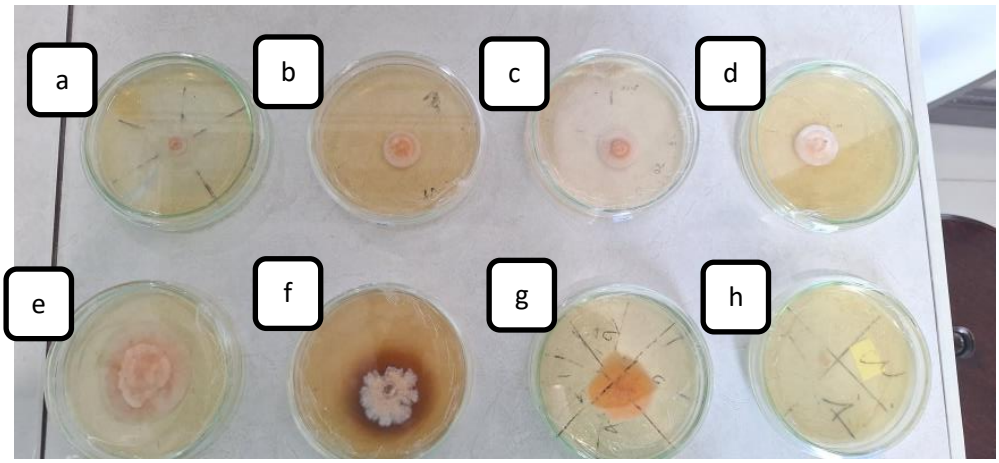
Hasil pengamatan pengaruh pemberian ekstrak daun kersen berpengaruh sangat nyata terhadap penghambatan pertumbuhan koloni cendawan Colletotrichum sp. seperti yang terlihat pada (Tabel 4.2)

Tabel 4.2 Uji Beda Nyata Terkecil Presentase Penghambatan Koloni *Colletotrichum* sp.

Perlakuan	Presentase penghambatan	Kategori
AgNPs 100%	81.3[a]	Sangat kuat
AgNPs 75%	67.1[a]	Kuat
AgNO3	49.2[b]	Sedang
AgNPs 50%	46.1[bc]	Sedang
AgNPs 25%	41.7[bc]	Sedang
Ekstrak 60%	28.6[c]	Sedang

Pertumbuhan cendawan *Colletotrichum* sp. pada perlakuan kontrol tidak mengalami hambatan dalam pertumbuhan koloninya. Hal ini dikarenakan tidak adanya senyawa-senyawa yang mampu menghambat pertumbuhan jamur pada media biakan. Sedangkan media PDA yang diberi nanopartikel perak ekstrak daun kersen mengalami penghambatan dalam pertumbuhannya dimana semakin tinggi konsentrasi yang diberikan pada media PDA maka kemampuan dalam

menghambat pertumbuhan koloni juga semakin tinggi, sehingga diameter koloni yang tumbuh pada media biakan akan semakin kecil. Pada kontrol (+) ketokonazol menunjukkan hasil pengukuran diameter zona hambat yang paling tinggi. Hal ini dimungkinkan karena ketokonazol merupakan obat pilihan pertama untuk infeksi yang disebabkan oleh jamur. Menurut Pangalinan dkk (2012) ketokonazole bekerja berdasarkan pada pengikatan enzim sitokrom P450, sehingga sintesa ergosterol dirintangi dan terjadi kerusakan membran sel pada jamur. Kontrol nanopartikel perak dan kontrol ekstrak daun kersen 60% tidak lebih baik dari perlakuan nanopartikel perak ekstrak daun kersen konsentrasi 100% karena jika menggunakan ekstrak daun kersen saja maka luas permukaan partikelnya masih lebih besar dibandingkan dengan yang bentuk nano, sehingga dapat membatasi interaksi langsung dengan sel-sel jamur. Sedangkan perak saja juga tidak lebih efektif dari pada yang direduksi dengan ekstrak daun kersen, hal ini dikarenakan perak efektivitasnya sebagai antijamur hanya bergantung pada sifat perak itu sendiri (Gambar 4.6).



Gambar 4.6 Hasil Uji Zona Hambat Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Kersen**;** (a) AgNPs 100%,(b) AgNPs 75%, (c) AgNPs 50%, (d) AgNPs 25%, (e) akuades, (f) ekstrak 60%, (g) AgNO3, (h) ketokonazol

Hasil uji daya hambat didapatkan bahwa nanopartikel perak ekstrak daun kersen dapat menghambat pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. yang ditandai dengan pertumbuhan jamur pada media PDA. Hasil terbaik didapatkan pada nanopartikel perak ekstrak daun kersen konsentrasi 100% dengan nilai zona hambat 81.3 (sangat kuat), hal ini diduga karena banyaknya senyawa yang terkandung dalam konsentrasi tersebut sehingga menunjukkan presentase penghambatan yang lebih tinggi (Amelia dkk, 2020) . Nanopartikel perak ekstrak daun kersen mengandung senyawa turunan flavonoid seperti chatecin, galbridin, apigenin. . Catechin secara eksklusif menghambat pembentukan hifa dan sintesis ergosterol. Apigenin memiliki aktivitas antioksidan dan antijamur terhadap C. *albicans* menghambat pembentukan biofilm dan merangsang gangguan membran, sehingga mengakibatkan pengurangan ukuran sel dan kebocoran komponen intraseluler. Galbridin prosesnya sebagai antijamur dicapai berdasarkan deformasi dinding sel yang meliputi penurunan ukuran sel yang signifikan dan peningkatan permeabilitas membrane (Saleh & Suresh, 2020). Penelitian yang dilaporkan Mahdizadeh et al. (2015); Pulit et al. (2013) juga menyatakan bahwa AgNP memiliki potensi yang besar sebagai antijamur pada uji in vitro karena AgNP dapat mengurai dinding sel hifa jamur. Mekanisme antijamur diawali dengan nanopartikel perak masuk ke dalam sel jamur yang menyebabkan terjadinya denaturasi protein, membran, dan mengganggu penyerapan nutrisi kemudian mengeluarkan ROS, seperti anion superoksida ($O2^-$), hidrogen peroksida ($H2O2$), radikal hidroksil(OH), dan asam hipoklorat (HOCI). Kemudian ROS memiliki efek genotoksik yang dapat menghancurkan DNA, sehingga menyebabkan kematian sel (Mursyida & Putri, 2025). Mekanisme ini dibantu oleh quercetin

yang sinergis dengan flucanazole dengan cara merangsang akumulasi ROS intraseluler, modifikasi struktural, apoptosis, depolarisasi mitokondria, dan fragmentasi DNA.

4.2.2 Analisis Konsentrasi Hambat Minimum & Konsentrasi Bunuh Minimum

Hasil uji zona hambat nanopartikel perak ekstrak daun kersen pada setiap konsentrasi menunjukkan terdapat aktivitas antimikroba terhadap *Colletotrichum* sp. Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak ekstrak daun kersen memiliki potensi sebagai antijamur. Hasil uji zona hambat terbaik pada konsentrasi 100%. Sehingga, dilakukan uji lanjutan menggunakan beberapa variasi konsentrasi untuk menentukan konsentrasi terendah yang memiliki aktivitas penghambatan dan membunuh terhadap mikroba uji. Hasil uji konsentrasi hambat minimum dan konsentrasi bunuh minimum nanopartikel perak ekstrak daun kersen dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM)

Perlakuan	Pertumbuhan jamur/kekeruhan		
	1	2	3
AgNPs 100%	-	-	-
AgNPs 95%	-	-	-
AgNPs 90%	++	-	++
AgNPs 85%	++	++	++
AgNPs 80%	++	++	++
AgNO3	+	++	++
Ekstrak 60%	++	+	++

Keterangan : ++ : keruh, + : agak keruh, - : jernih

Hasil perhitungan nilai konsentrasi hambat minimum (KHM) nanopartikel perak ekstrak daun kersen terhadap jamur *Colletotrichum* sp. menunjukan bahwa pada konsentrasi 80% dan 85% menunjukkan terdapat jamur yang tumbuh pada

well. Sebaliknya, mulai konsentrasi 95% dan 100% menunjukkan tidak ada pertumbuhan jamur. Sedangkan pada konsentrasi 90% ada satu kolom yang jernih dari tiga ulangan. Maka dari itu nilai KHM nanopartikel perak ekstrak daun kersen terhadap jamur *Colletotrichum* sp. yaitu 95%. Hal ini sesuai dengan pernyataan Putri dkk, (2024) bahwa nilai KHM ditentukan dari konsentrasi terkecil dari ekstrak yang dapat menghambat 90% pertumbuhan mikroba uji. Penentuan nilai konsentrasi hambat minimum (KHM) diukur pada inkubasi 5 hari. Hal ini dikarenakan jamur memiliki masa tumbuh yang lebih lama dibandingkan dengan bakteri.

KHM terbaik didapatkan dari perlakuan konsentrasi terbesar. Semakin tinggi kandungan nanopartikel perak ekstrak kersen maka semakin efektif dijadikan sebagai antijamur. Hal ini sesuai dengan pernyataan Krishnan dkk (2015) bahwa efek biologis perak diyakini terkait erat dengan ion perak, pada lingkungan mikro berair, AgNP terus melepaskan ion perak. Telah diketahui bahwa partikel nanoperak yang lebih kecil menunjukkan efek fungisida yang lebih kuat dan lebih baik dari pada partikel yang lebih besar karena memiliki luas permukaan yang lebih besar untuk interaksi. Didukung dengan adanya senyawa daun kersen akan menunjang sifat antijamur untuk menghambat pertumbuhan jamur. Perlakuan konsentrasi nanopartikel perak ekstrak daun kersen yang jernih pada uji KHM akan dilanjutkan uji KBM untuk mengetahui nilai bunuh minimumnya.

Tabel 4.4 Hasil Uji Konsenstrasi Bunuh Minimum (KBM)

Konsentrasi	Ulangan		
	1	2	3
90%	+	+	-
95%	-	+	+
100%	-	-	-

Keterangan : (+) : ada pertumbuhan fungi,

(-) : tidak ada pertumbuhan fungi

Hasil konsentrasi bunuh minimum menunjukkan bahwa konsentrasi 100% tidak terdapat pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. Sedangkan pada konsentrasi yang lain diketahui adanya pertumbuhan jamur. Kemampuan tersebut terjadi karena adanya kandungan derivate fenol pada ekstrak yang berpotensi sebagai fungisida, didukung dengan ukurannya yang nano membuat senyawa mampu bekerja secara maksimal. Mekanisme kerja senyawa fenolik melalui perusakan membran plasma, inaktivasi enzim dan denaturasi protein. Disini fenol berkaitan dengan membran yang ergosterol akan merusak membran tersebut sehingga fungi akan mati. Tanin yang juga terkandung dalam daun sirih segar dapat menghambat kerja enzim-enzim termasuk enzim katalase. Komponen utama dinding sel fungi adalah 1-3 beta- D- glucan. Jika enzim yang berperan dalam sinstesisnya dihambat, maka fungi tidak dapat berkembang biak lebih lanjut. Aktivitas antifungi tergantung dari adanya ikatan dengan sterol pada membran sel kapang atau khamir, terutama ergosterol. Akibat terbentuknya ikatan antara sterol dengan antifungi menyebabkan perubahan permeabilitas membran sel sehingga sel akan kehilangan berbagai molekul kecil (Kusdarwati dkk, 2013)

Penurunan ergosterol membran sel jamur menyebabkan rusaknya permeabilitas membran, akibatnya sel jamur kehilangan komponen intraselulernya (Aprilia, 2010). Ergosterol memainkan peran penting dalam pertumbuhan jamur

dan ditemukan di membran phospholipid bilayer sel sebagian besar dalam keadaan bebas dan pada tingkat lebih rendah digunakan untuk ester asam lemak. Dengan demikian, penghambatan terhadap pembentukan ergosterol membran plasma sel-sel *Colletotrichum* sp juga berarti penghambatan terhadap reproduksinya (Kusdarwati dkk, 2013)

4.3 Aktivitas Antijamur Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Kersen terhadap Jamur *Colletotrichum* sp. secara in Vivo

Hasil pengujian terhadap efektivitas nanopartikel perak ekstrak daun kersen dengan berbagai konsentrasi terhadap pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. pada buah cabai rawit menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak dapat menghambat pertumbuhan serangan jamur pathogen. Uji konfirmasi secara in vivo dari uji antijamur secara in Vitro memberikan hasil yang linear. Perlakuan terbaik masih didapatkan dari perlakuan dengan konsentrasi tertinggi. Hal tersebut dibuktikan dengan keberhasilan uji parameter yang telah ditentukan, yakni kejadian penyakit dan keparahan penyakit. Berikut hasil uji aplikasi AgNPs ekstrak daun kersen terhadap jamur *Colletotrichum* sp. pada buah cabai rawit.

Tabel 4.5 Hasil pengujian efektivitas nanopartikel perak ekstrak kersen terhadap pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. selama 10 hari

Perlakuan	Kejadian Penyakit (%)	Keparahan penyakit (%)
AgNPs 100%	4^{a}	4^{a} (Sangat ringan)
AgNPs 75%	25.33^{b}	20.3^{ab} (sedang)
AgNPs 50%	32^{bc}	37.5^{b} (berat)
AgNPs 25%	41.33^{cd}	44.09^{b} (berat)
Perak	52^{de}	45.9^{b} (berat)
Ekstrak 60%	62^{e}	46.2^{b} (berat)

Kejadian penyakit merupakan jumlah satuan buah cabai rawit yang terserang penyakit antraknosa akibat jamur *Colletotrichum* sp. dalam satu populasi bukan memperhatikan seberapa parah penyakit tersebut (Wiguna dkk, 2015). Kejadian penyakit buah cabai rawit diamati sejak masa inkubasi yakni tumbuhnya jamur pathogen menginfeksi buah cabai yakni hari-2 HSI hingga hari ke 10-HSI. Hasil pengamatan (Tabel 4.5) menunjukkan bahwa kejadian penyakit buah cabai rawit yang memiliki presetase tertinggi pada perlakuan kontrol akuades (tanpa konsentrasi ekstrak) yakni sebesar 81% dengan masa inkubasi dimulai sejak hari ke-2 setelah inokulasi (Lampiran 1). Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian King *et.al.,* (1997) bahwa masa inkubasi/periode laten jamur *Colletotrichum* sp. umumnya berkisar antara 2 sampai 3 hari pada penyimpanan suhu ruang 25^{o}C dan 6 hingga 17 hari pada penyimpanan suhu rendah 5^{o}C. Buah pada perlakuan kontrol terus mengalami kelunakan dan kebusukan yang meningkat setiap harinya. Sedangkan kejadian penyakit dengan presentase terendah pada perlakuan 100% nanoparrtikel perak ekstrak daun kersen yakni sebesar 4%. Sedangkan pada kontrol ekstrak daun kersen 60% dan perak, kejadian penyakit dimulai pada hari inkubasi ke-2. (Lampiran 12).

Pengamatan keparahan penyakit/intensitas invasi pada buah cabai dilakukan mulai HST 2 sampai HST 10. Tingkat keparahan penyakit mengacu pada luas permukaan buah lada yang menunjukkan gejala penyakit. Tingkat keparahan penyakit juga dapat diartikan sebagai porsi buah sampel yang terkena penyakit/daerah yang terserang penyakit (Ngibad et al. 2021). Hasil pengamatan (Tabel 4.5) menunjukkan bahwa keparahan penyakit pada perlakuan kontrol menunjukkan tingkat keparahan paling tinggi dengan nilai intensitas serangan

sebesar 60,%. Sedangkan keparahan penyakit paling rendah pada konsentrasi ekstrak daun kersen 100% dengan nilai intensitas serangan sebesar 4%. Hal ini sesuai dengan penelitian Rahmadhani dkk, (2023) konsentrasi suspensi daun kersen berpengaruh terhadap intensitas dan tingkat serangan penyakit antraknosa. Konsentrasi 100% menunjukkan tingkat serangan paling ringan.

Konfirmasi uji in vivo menunjukkan hasil yang sama dengan uji in vitro. Konsentrasi terbaik didapatkan pada nanopartikel perak ekstrak daun kersen 100% dengan keparahan penyakit paling ringan yakni sebesar 4%. Nanopartikel perak ekstrak daun kersen mengandung senyawa turunan flavonoid seperti chatecin, galbridin, apigenin. . Catechin secara eksklusif menghambat pembentukan hifa dan sintesis ergosterol. Apigenin memiliki aktivitas antioksidan dan antijamur terhadap C. *albicans* menghambat pembentukan biofilm dan merangsang gangguan membran, sehingga mengakibatkan pengurangan ukuran sel dan kebocoran komponen intraseluler. Galbridin prosesnya sebagai antijamur dicapai berdasarkan deformasi dinding sel yang meliputi penurunan ukuran sel yang signifikan dan peningkatan permeabilitas membrane (Saleh & Suresh, 2020). Penelitian yang dilaporkan Mahdizadeh et al. (2015); Pulit et al. (2013) juga menyatakan bahwa AgNP memiliki potensi yang besar sebagai antijamur pada uji in vitro karena AgNP dapat mengurai dinding sel hifa jamur. Mekanisme antijamur diawali dengan nanopartikel perak masuk ke dalam sel jamur yang menyebabkan terjadinya denaturasi protein, membran, dan mengganggu penyerapan nutrisi kemudian mengeluarkan ROS, seperti anion superoksida ($O2^-$), hidrogen peroksida ($H2O2$), radikal hidroksil(OH), dan asam hipoklorat (HOCI). Kemudian ROS memiliki efek genotoksik yang dapat menghancurkan

DNA, sehingga menyebabkan kematian sel (Mursyida & Putri, 2025). Mekanisme ini dibantu oleh quercetin yang sinergis dengan flucanazole dengan cara merangsang akumulasi ROS intraseluler, modifikasi struktural, apoptosis, depolarisasi mitokondria, dan fragmentasi DNA.

Kontrol perak dan kontrol ekstrak daun kersen 60% tidak lebih baik dari perlakuan nanopartikel perak ekstrak daun kersen konsentrasi 100% karena jika menggunakan ekstrak daun kersen saja maka luas permukaan partikelnya masih lebih besar dibandingkan dengan yang bentuk nano, sehingga dapat membatasi interaksi langsung dengan sel-sel jamur. Sedangkan nanopartikel perak saja juga tidak lebih efektif dari pada yang direduksi dengan ekstrak daun kersen, hal ini dikarenakan perak efektivitasnya sebagai antijamur hanya bergantung pada sifat perak itu sendiri.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian ini yaitu :

1. Berdasarkan hasil karakterisasi, nanopartikel perak ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura* L.) berhasil disintesis dengan karakteristik sebagai berikut: terjadi perubahan warna menjadi coklat tua, rata-rata ukuran partikel 124.4 nm dengan indeks polidispersitas 0.295 yang menunjukkan distribusi ukuran relatif homogen. Morfologi partikel cenderung bulat namun dengan adanya variasi bentuk dan kecenderungan aglomerasi. Gugus fungsi yang teridentifikasi yaitu O-H, C=O, C ≡ C , N-H dan C-O. Dari ekstrak daun kersen teridentifikasi berperan dalam proses biosintesis dan stabilisasi nanopartikel.
2. Uji aktivitas antijamur secara in vitro menunjukkan bahwa nanopartikel perak ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura* L.) memiliki efikasi antijamur terhadap *Colletotrichum* sp. Hal ini ditunjukkan oleh presentase penghambatan sebesar 81.3% (sangat kuat) pada konsentrasi nanopartikel perak ekstrak kersen 100%. konsentrasi hambat minimum pada perlakuan 95% dan 100%, serta konsentrasi bunuh minimum pada perlakuan 100%. Aktivitas ini sebanding dengan kontrol positif ketokonazol.
3. Penerapan nanopartikel perak ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura* L.) secara in vivo pada buah cabai rawit yang terinfeksi Colletotrichum sp.

menunjukkan dampak yang signifikan terhadap perkembangan penyakit. Perlakuan terbaik pada konsentrasi 100% menghasilkan nilai kejadian penyakit minimum sebesar 4 % dan tingkat keparahan penyakit rata-rata sebesar 4%.

5.2 Saran

Untuk mengoptimalkan potensi aplikatif nanopartikel perak ekstrak daun kersen sebagai agen antijamur, disarankan untuk melakukan karakterisasi mendalam lebih lanjut (termasuk analisis unsur dan kristalinitas) untuk mengaitkan sifat fisikokimia dengan efikasi biologis, mengeksplorasi mekanisme antijamur pada tingkat seluler/molekuler, serta memvalidasi efektivitasnya dalam uji coba skala lapangan dengan mempertimbangkan formulasi dan aspek toksisitas.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M., Virgus, Y. dan Khairurrijal., 2008, Review : Sintesis Nanomaterial, *Jurnal nanosains dan nanoteknologi*, 1(2) : 2-3.

Agus, M. S. 2012. Pengaruh Antraknosa (Colletotricum sp. dan Colletotricum acutatum) Terhadap Respons Ketahanan Delapan Belas Genotip Buah Cabai Merah (Capsicum annuum L.). *Jurnal Edisi Juli*. 6(1-2): 182-187.

Agustina, E., Andiarna F., Hidayati, I., Fristy, V. K. 2021. Uji Aktivitas Antijamur Ekstrak *Black Garlic* Terhadap Pertumbuhan Jamur *Candida albicans. BIOMA : Jurnal Ilmiah Biologi.* 10(2), 143-157.

Alde, D. R., Vauzia, Anhar, A., Chatri, M. 2023. Pengaruh Suspensi Daun Kersen (Muntingia calabura L.) Terhadap Penyakit Antraknosa Pada Buah Cabe Pasca Panen Yang Disebabkan Colletotrichum capsici (Syd.) Butle. et Bisby. 2023. *Serambi Biologi*. 8(3), 584-590.

Ali, M., Yunel, V., Benny, R. 2012. Uji Beberapa Konsentrasi Ekstrak Daun Mimba (Azadirachta indica A. Juss) untuk Pengendalian Penyakit Antraknosa yang Disebabkan Jamur Colletotrichum sp. Pada Buah Cabai Merah Pasca-Panen. *Journal Sagu : agricultural science and Technolog*. 11(1): 1-14.

Almeida, C. L. P., Bento, C. D. S., Sudre, C. P. Pimenta, S. Goncalves, L. S.A., Rodrigues, R. 2020. Genotype-Ideotype Distance Index and Multivariate Analysis to Select Sources of Anthracnose resistance in *Capsicum* spp. *Eur Journal Plant Pathol.* 156:223-236

Alvianto, D., Aulia, F. A. N., Angky, W. P., Dwi, B.A. 2022. Sintesis dan Karakterisasi Membran Selulosa Asetat dengan Penambahan *Antibiofouling* Alami Ekstrak Bawang Putih. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia.* 18(2), 193-204.

Amelia, M., Yusriadi., Setya, I.B. 2019. Pengaruh Ekstrak Daun Kenikir (*Cosmos caudatus* kunth.) terhadap Cendawan *Colletotrichum* sp. pada buah Cabai Rawit. *Proteksi Tanaman Tropica.* 3(1), 15-163.

Andre, V.F., Sutanti, F., Silvia, D., Ayu, M.P. 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.

Anggraeni, W., Elvi R.P., Wardoyo., Rahmawati. 2019. Isolasi dan Identifikasi Jamur Pada Buah Cabai Rawit (Capsicum frutescens L.,) yang Bergejala Antraknosa dari Lahan Pertanian di Dusun Jeruk. *Jurnal Protobiont.* 8(2): 94-100.

Anisa, N., & Sarah, Z. N. 2022. Skrining Fitokimia dan Penetapan Kadar Total Fenol Flavonoid dan Tanin Pada Daun Kersen (Muntingia calabura L.). *Indonesian Journal Pharmaceutical and Herbal Medicine (IJPHM).* 1(2): 96-104

Arinda, Y. N. F., Arfiana, V. N. F., Shabrina, A. F. 2019. Aktivitas Antibakteri Daun Sirih : Uji Ekstrak KHM (Kadar Hambat Minimum) dan KBM (Kadar Bakterisidal Minimum). *Jurnal Saintek.* 16(2): 101-108.

Arum., Supartono., Sudarmin, 2012. Isolasi dan Uji Daya Antimikroba Ekstrak Daun Kersen. *Jurnal MIPA.* 5(2). 165-174.

Asmathunisha, N. dan Kathiresan, K., 2013, A Review on Biosynthesis of Nanoparticles by Marine Organisme, Colloids and Surfaces B: *Biointerfaces*, 103 : 283-287.

Atwa, Z. F., Adnan, F. Kahar, A. 2022. Pemanfaatan Limbah Rajungan untuk Memproduksi Kitosan sebagai Pupuk Organik Cair dalam Penentuan Volume Optimum pada Tanaman Dayak. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*. 6(1). 25-34.

Azhariani, M. T., Yuliawati, K. M., & Syafnir, L. 2022. Penelusuran Pustaka Potensi Sayuran dari Genus Brassica sebagai Antibakteri. In Bandung Conference Series: Pharmacy 2, No. 2, pp. 1096-1102).

Azlan, M., A., Salmiati., Marpongahtun., Razman, M. S., Lolo, J. A., Syafiuddin. A. 2020. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Muntingia calabura* Leaf Extract and Evaluation of Antibacterial Activities. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 10(5), 6253-6261.

Badrudin, M. 2019. Berobat Menurut Islam. *Journal STIT Insida*. 1-20.

Bahram, B. T., Nikparastb, Y., Hojatianfarc., M., Akhlaghia, M. 2017. Karakterisasi dan Aktivitas Antijamur Nanopartikel Perak yang Disintesis secara Biologis dari Ekstrak Daun *Amaranthus retroflexus. Jurnal Nanoscience Ekspreimental.* 12(1), 129-139.

Deni, A. H., Setyawati, T., Nur, A. A. 2019. Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Daun Kersen (Muntingia calabura L.) Terhadap Bakteri Escherchia coli. MEDIKA TADULAKO: *Jurnal Ilmiah Kedokteran*. 6(1), 9-21.

Djunaedy, A. 2008. Aplikasi Fungisida Sistemik dan Pemanfaatan Mikoriza dalam Rangka Pengendalian Patogen Tular Tanah pada Tanaman Kedelai 9iGlycine max *L.). EMBRYO*. 5(2). 1-9.

Dwandaru, B., Putri, C., Yulianti, E. 2016. Pengaruh Variasi Konsentrasi Bahan Aditif Larutan Nanopartikel Perak Terhadap Sifat Antijamur Cat Dinding Sebagai Aplikasi TEknologi Nano dalam Industri Cat Dinding. *Inotek*. 20(1), 1-18.

Dwi, A. P., & Ririn, L. W. 2017. Aktivitas Antioksidan dan Penetapan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Etil Asetat Daun Kersen (Muntingia calabura). *Jurnal Pharmascience*. 4(2): 167-175.

Ediz, E. Kurtay, G., Karaca, B. Buyuk, I. Seyma, F. G., Aras, S. 2021. Green Synthesis of Silver Nanoparticles from Phaseolus vulgaris L. Extracts and Investigation of their Antifungal Activities. *Hecettepe Journal of Biology and Chemistry*. 49(1), 11-23.

Effendi, F., Anna, P., Roswiem., Stefani, E. 2014. Uji Aktivitas Antibakteri The Kombucha Probiotik Terhadao Bakteri *E.coli* dan *S. aureus. Journal UNPAK*. 4(2), 1-9.

Elamawi, R. M., Al-Harbi, R. E., & Hendi, A. A. (2018). Biosynthesis And Characterization Of Silver Nanoparticles Using Trichoderma Longibrachiatum And Their Effect On Phytopathogenic Fungi. *Egyptian Journal Of Biological Pest Control*, 28(1), 1–11.

Fahmy, H. M., Mosleh, A. M., Elghany, A. A., Shams-Eldin, E., Abu Serea, E. S., Ali, S. A., & Shalan, A. E. (2019). Coated Silver Nanoparticles: Synthesis, Cytotoxicity, And Optical Properties. *Rsc Advances*, 9(35), 20118–20136.

Farkas, N., & Kramar, J. A. (2021). Dynamic Light Scattering Distributions By Any Means. Journal Of Nanoparticle Research, 23(5).

Fatimah, I., & Faridhatunnisa, A. (2017). Green Synthesis Of Silver Nanoparticle From Photograph Wastewater Using Hylocereus Undatus Skin Extract. In Oriental Journal Of Chemistry (Vol. 33, Issue 3, Pp. 1235–1240). Researchgate.Net. Https://Doi.Org/10.13005/Ojc/330322

Floridha, F. 2016. *Nanoteknologi di Bidang Kesehatan*. Malang: Tim UB Press.

Gowda, S. & Sriram. 2023. Dragon fruit peel extract mediated green synthesis of silver nanoparticles and their antifungal activity against Colletotrichum truncatum causing anthracnose in chilli. *Journal Hortic.* 18(1), 201-208.

Hawar, S.N., Hanady, A.,Zainb. A., Sulaiman, G., Dewir, Y., Jesamine, R. 2022. Green Synthesis of Silver Nanoparticles from *Alhagi graecorum* Leaf Extract and Evaluation of Their Cytotoxicity and Antifungal Activity. *Journal of Nanomaterials.*

Hersila, N., Chatri, M., Vauzia., Irdawati. 2023. Senyawa Metabolit Sekunder (Tanin) pada Tanaman sebagai Antifungi. *Jurnal Embrio.* 15(1), 16-22.

Horiba Instruments. 2014. A *Guidebook to Particle Size Analysis*. 1-800-4HORIBA

Hoten, H. Van. (2020). Analisis Karakterisasi Serbuk Biokeramik Dari Cangkang Telur Ayam Broiler. *Rotor*, 13(1), 1.

Iskandar, D., Ira, E., Marsiana, D. 2020. Uji Aktivitas Antifungi Ekstrak Metanol Daun Pepaya (*Carica Pepaya* L.) Terhadap *Colletotrichum Gloesporioides* Penyebab Penyakit Antraknosa pada Tanaman Kakao (*Theobroma caco*L.). *Jurnal Teknologi Technoscientia.* 12(2), 184-188.

Jannah, R. R., & Amaria, A. (2020). Artikel Review: Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Pereduksi Asam Amino Sebagai Deteksi Ion Logam Berat. Prosiding Seminar Nasional Kimia(Snk) 2020, 3750, 185–202.

Jores K., Mehnert W., Drecusler M., Bunyes H., Johan C. dan Mader K., 2004, Investigation On The Stricter Of Solid Lipid Nanopartuicles And OilLoaded Solid Nanoparticles By Photon Correlation Spectroscopy, FieldFlow Fractionasition And Transmission Electron Microscopy, *Journal Control Release*, (17): 217- 227

Keat, C. L., Aziz, A., Eid, A. M. dan Elmarguzi, N. A., 2015, Biosynthesis of Nanoparticles and Silver Nanoparticles, *Bioresources and Bioprocessing.* 2015(2): 47–57.

Krishnan, R., Arumugam, V., Kumar, S. V. 2015. The MIC and MBC of Silver Nanoparticles Againts *Enterococcus faecalis A Facultative Anaerobe. Nanomedicine & Nanotechnology.* 6(3), 1-4.

Kurniasari, D & Atun, S. 2017. Pembuatan dan Karakterisasi Nanopartikel Ekstrak Etanol Temu Kunci (*Boesenbergia pandurata*) pada Berbagai Variasi Komposisi Kitosan. *Jurnal Sains Dasar.* 6(1), 31-35.

Kurniawati Atik., Masartini Ayu., Fauzia Inda Syifa. 2016. Perbedaan Khasiat Antijamur Antara Eksrta Etanol Daun Kersen (Muntingia calabura L.) dengan Nistatin terhadap Pertumbuhan Candida albicans. *Jurnal PDGI*. 65 (3): 74-77..

Kusdarwati, R., Pustika, M., Dewa, K. M. 2013. Uji Aktivitas Antifungi Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle* L) terhadap *Saprolegnia* sp. secara in Vitro. *Jurnal Ilmiah PErikanan dan Kelautan.* 5(1). 1-7.

Lailiyah, M., Saputra, A., Yudha, E. P., Sri, D. L. 2022. Formulasi dan Uji Aktivitas Sediaan Sampo Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.) sebagai Antiketombe Terhadap Jamur *Candida albicans* secara in vitro. *JIFS: Jurnal Ilmiah Farmasi Simplisia.* 2(1), 35-43.

Lana, A. P., Agung, T. P., Sri, W. 2018. Sintesis Nanopartikel Perak dengan Bioreduktor Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L.) Sebagai Antibakteri. *Indonesian Journal of Chemical Science.* 7(2), 160-166.

Latifah, R. N., & Nurmilatillah. 2022. Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung Melalui Penambahan Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura*) dalam Pembuatan Edible Film. *Jurnal Pendidikan, Matematika, dan Sains.* 7(1), 77-90.

Logeswari, P., Silambarasan, S. dan Abraham, J, 2013, Ecofriendly Synthesis Of Silver Nanoparticles From Commercially Available Plant Powders And Their Antibacterial Properties, Scientia Iranica, 20(3): 1049–1054.

Luhurningtyas, F. P., Laila, R. V., Khusnul, S. K. 2018. Uji Aktivitas Antijamur Ekstrak Biji Bligo (*Benincasa hispida*) terhadap Pertumbuhan Jamur *Candida albicans. Indonesian Journal of Pharmacy and Natural Product.* 1(1), 30-35.

Lupitasari, H., & Azzahra, F. 2025. Perbandingan Konsentrasi Pelarut Terhadao Rendemen dan Hasil Skrining Fitokimia Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura*). *Jurnal AKFARINDO.* 10(1):36-37.

Mahdizadeh, V., Safaie, N., Khelghatibana, F. 2015. Evaluation of antifungal activity of silver nanoparticles against some phytopathogenic fungi and Trichoderma harzianum. Journal of Crop Protection, 4, 291–300.

Mahesa, B., Efri., Selvi H., Tri, M. 2022. Pengaruh Konsentrasu Ekstrak dan Tingkat Kematangan Daun Kersen Terhadap Pertumbuhan *Colletotrichum gloeosporioides* dan Intensitas Penyakit Antraknosa Pada Buah Pepaya. *Jurnal Agrotel Tropika.* 10(1), 27-34.

Makari, H.K., Ramakhrishna, K., Vaidya, G., Kulkarni, P., Balija, S., Sheikh, H. 2021. Green Synthesis of Silver Nanoparticles from *Muntingia calabura* Extract and Its Biological Activity. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research.* 12(5), 2957-2965.

Maryono, T., Ani, W., Rudi, H. M., Achmadi, P. 2020. Komponen EpidemisPenyakit Busuk Akar dan Pangkal Batang Tebu di Sumatera Selatan. *Jurnal Fitopatologi Indonesia.* 16(2): 49-60.

Masykuroh, A., & Nurulita, N. N. (2022). Volume 7 Sintesis Nanopartikel Perak The Potency Of Citrus Microcarpa Bunge Extract As A. 7, 12–20

Melyanti, J. M., Maming, Taba. P. 2016. Sintesis Nanopartikel Perak dengan Metode Reduksi Menggunakan Buah Merah (*Pandanus conoideus*) sebagai Bioreduktor. *Hasanuddin University Repository.* 1-9.

Miranti, E. 2021. Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak dari Ekstrak Etanol Daun jambu Biji (Psidium guajava L.) dan Daun Kersen (Muntingia calabura L.) Terhadap Bakteri Escherchia coli. Skripsi. Stiker Bhakti Husada Mulia : Madiun.

Muchtaromah, B., Wahyudi, D., Ahmad, M., & Annisa, R. (2020). Nanoparticle Characterization Of Allium Sativum, Curcuma Mangga And Acorus Calamus As A Basic Of Nanotechnology On Jamu Subur Kandungan Madura. *Pharmacognosy Journal*, 12(5), 1152–1159.

Mursyida, E., & Putri, Y. A. 2025. Nanopartikel Perak dari Ekstrak Kulit Nanas: Potensi Antifunga; terhadap *Malassezia furfur* ATCC 14521. *Jurnal Ilmu Kesehatan dan Kedokteran.* 3(1), 101-114.

Nur, S., Sami, F. J., & Ali, A. (2015). Synthesis Of Silver Nanoparticle With Reduction Method Using Extract Curcuma Domestica Val. And Antibacterial Activity Test. Eprints.Unm.Ac.Id

Nuraeni, W., Daruwati, I., W, 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*, 268–269.

Nurhadini., Febiani, V. A., Ayu, M.P., Lestari, I. 2021. Analisis Konduktivitas dan Termal pada Polimer Elektrolit dari Kitoran untuk Aplikasi Baterai Ion Litium. *Chem Prog.* 14(1), 1-6.

Nurhasanah, N. (2016). Isolation of Antioxidant Compound of Muntinga Calabura Linn Leave. August. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1112.1687

Oktavia, I. N., & Sutoyo, S. (2021). Synthesis Of Silver Nanoparticles Using Bioreductor From Plant Extract As An Antioxidant. Unesa Journal Of Chemistry, 10(1), 37–54.

P. I. Sari, M. L. Firdaus, and R. Elvia. 2017. Pembuatan Nanopartikel Perak (NPP) dengan Bioreduktor Ekstrak Buah Muntingia calabura L untuk Analisis Logam Merkuri. *J. Pendidik. dan Ilmu Kim*., vol. 1, no. 1, pp. 20–26.

Padmadhas, R. and R. Ragunathan. 2009. Effect of lead nano particle present in the leaf of Calotrphis Gigantea which result in the loss of the painted grass hoppe of the Western ghats species in India.Int, *J. Nanotechnol*. Appl., 3 : 89-96.

Pangalinan, F. R., Kojong, N., Paulina. Yamlean. 2012. Uji Aktivitas Antijamur Ekstrak Etanol Kulit Batang RAmbutan (*Nephelium lappaceum* L.) terhadap Jamur *CAndinda albicans* secara in Vitro. *Jurnal Pharmacon.*

Pratiwi, N. W., Juliantari, E., Napsiyah, L. K. 2016. Identifikasi Jamur Penyebab Penyakit Pascapanen pada Beberapa Komoditas Bahan Pangan. *Jurnal Riau Biologia*. 1(14). 86-94.

Pulit, J., Banach, M., Szczygłowska, R., Bryk, M. 2013. Nanosilver against fungi. Silver nanoparticles as an effective biocidal factor. Acta Biochimica Polonica, 60(4), 795–798.

Putri, N. J., Lestari, D., Rahayu, A. P., Tugon, T. D. A., & Syaputri, F. N. 2024. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Dan Fraksi Umbi PutihLobak P (Raphanus Sativus L.) Terhadap Bakteri Stapylococcus Aureus Secara In Vitro.

Putri, N. J., Lestari, D., Rahayu, A. P., Tugon, T. D. A., & Syaputri, F. N. 2024. *Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Dan Fraksi Umbi PutihLobak P (Raphanus Sativus L.) Terhadap Bakteri Stapylococcus Aureus Secara In Vitro.*

Qureshi, A. K., Umar, F. Qaiser, S., Ali, S., Ashiq S. 2023. The Green Synthesis of Silver Nanoparticles from Avena fatua Extract: Antifungal Activity against *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici Pathogens.*

Qurrataayun, S., Rifai, Y., Rante, H. 2022. Sintesis Hijau Nanopartikel Perak (AgNP) menggunakan Ekstrak Daun Serai (*Cymbopogon citratus*) sebagai Bioreduktor. *Majalah Farmasi dan Farmakologi.* 26(3), 124-128.

Rahim, D. M., Herawati, N., & Hasri, H. (2020). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Teh Hijau (Camellia Sinensis) Dengan Iradiasi Microwave. Chemica: *Jurnal Ilmiah Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 21(1), 30.

Rahma. 2019. Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Ketapang (Terminalia catappa) Dengan Iradiasi Microwave. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim

Rahmadani, D., Side, S., & Putri, S. E. (2020). Pengaruh Penambahan Pva Terhadap Ukuran Nanopartikel Perak Hasil Sintesis Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Sirsak (Annona muricata L .). *Jurnal Sainsmat*, 9(1), 1–13.

Rizky, A.A., Riyan, S., Alfina, N., Ariska, R., Weni, D.S. 2024. Antibacterial Test of Cherry Leaves Ethanol Extract (Muntingia calabura L.) Against *Streptococcus mutans. Journal of Dentistry and Health Research.* *https://doi.org/10.59345/crown.v2i1.128*

Rizqi, P., & Alauhdin. 2021. Silver Nanoparticles Synthesis with Kersen Leaf Extract (*Muntingiqa calabura* L.) Reductor and Its Aplication for Hydrogen Peroxide Detection. *Indonesian Journal of Chemical Science.* 10(1), 27-34.

Rohmi., Zainal F., & Ni Ketut R. P. (2019). Ubi Jalar Putih (Ipomoea Batatas L.) Media Alternatif Pertumbuhan Aspergillus Niger. *Jurnal Kesehatan Prima*, 13 (2).

Rosmania, Yanti, F. 2020. Perhitungan Jumlah Bakteri di Laboratorium Mikrobiologi menggunakan Pengembangan Metode Spektrofotometri. *Jurnal Penelitian Sains.* 22(2), 76-86.

Sa'adah, N. 2020. Pengaruh Ultrasonikasi Terhadap Karakteristik Nanopartikel Ekstrak Pegagan (*Centella asiatica* L.). *Skripsi.* Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Saleh, A. A. & Suresh Mickymaray. 2020. Antifungal Efficacy and Mechanisms of Flavonoids. *Antibiotics.*

Sanjiwani, N. M. S., Paramitha, D. A. I., Chandra, A. A., Ariawan, I. M. D., Megawati, F., Dewi, T. W. N., Miarati, P. A. M., & Sudiarsa, I. W.

(2020). Pembuatan Hair Tonic Berbahan Dasar Lidah Buaya Dananalisis Dengan Fourier Transform Infrared. Jurnal Widyadari, 21(1), 249–262.

Saputra, I., Moralita, C., Dezi, H., Irdawati. 2021. Efektivitas Ekstrak Daun Kersen (Muntingia calabura L.) terhadap Pertumbuhan Koloni Fusarium oxysporum Secara In Vitro. Prosiding SEMNAS BIO. ISSN : 2809-8447.

Sari, N. W., & Fajri, M. Y. (2018). Analisis Fitokimia Dan Gugus Fungsi Dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (Musa acuminate (L)). Indonesian Journal Of Biotechnology And Biodiversity, 2(1), 30–34.

Savitri, E. S., Fajar, M. B., Budi, E. M., Shinta. 2024. Flavonoids and Antioxidant Activities of Silver Nanoparticles of Extract *Galaxaura rugosa. Jurnal Biota Prodi Biologi Universitas Islam Negeri RAden Fatah Palembang.*

Setiawati, R. A., Rahmawati, Rusmianto, E. 2020. Isolasi dan Identifikasi Jamur Pascapanen Penyebab Busuk Buah Pisang Ambon (Musa paradisiaca L.). *Jurnal Protobiont*. 9(2), 125-131.

Shellyn, P. M., Inneke, R., Veibe, W., Stenly, W. 2020. Penentuan Struktur Molekul Kolagen Sisik Ikan Kakatua (*Scarus* sp) Berdasarkan Serapan Molekul Terhadap Gelombang FTIR. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis.* 8(1), 1-8.

Sjahfirdi, L., Aldi, N., Maheshwari, H., & Astuti, P. (2015). Aplikasi Fourier Transform Infrared (Ftir) Dan Pengamatan Pembengkakan Genital Pada Spesies Primata, Lutung Jawa (Trachypithecus auratus) Untuk Mendeteksi Masa Subur. Jurnal Kedokteran Hewan - Indonesian Journal Of Veterinary Sciences, 9(2).

Suganda, T., Fauzan, A. R., Fitri, W. 2023. Ekstrak Air Biji Adas (*Foeniculum vulgare* Mill.) Efektif Menekan Jamur *Colletotrichum* sp. Penyebab Penyakit Antraknosa Cabai dalam Uji In-Vitro. *Jurnal Agrikultura.* 34(2). 228-236.

Sulfikar, Masakke, Y., & Rasyid, M. (2015). Biosintesis Partikel-Nano Perak Menggunakan Ekstrak Metanol Daun Manggis (Garcinia mangostana L). Jurnal Sainsmat, I0(1), 28–41.

Sulistyani, M. (2017). Indonesian Journal Of Chemical Science Optimasi Pengukuran Spektrum Vibrasi Sampel Protein Menggunakan Spektrofotometer Fourier Transform Infrared (Ft-Ir). 6(2).

Sundrarajan, M. dan Gowri, S., 2011, Green Synthesis of Titanium Dioxide Nanoparticles by Nyctanthes Arbor-Tristis Leaves Extract, *Chalcogenide Letters*, 8(8): 447-451.

Suparto, H, Akhmad, G, Antar, S., Risma N. H. 2023. Uji Efektivitas Pestisida Nabati Daun MEngkudu Terhadap Pengendalian Penyakit Antraknosa PAda Tanaman Cabai. *Jurnal Penelitian UPR : Kaharati.* 3(1): 24-30.

Susanti, S., Kusmiadi, R., Nurul, S. A. 2017. Uji Efikasi Ekstrak Daun Mengkudu, Kemangi dan Jambu Biji dalam Menghambat Pertumbuhan Cendawan Colletotrichum gloesporioides pada Buah Pepaya. *Agrosaintek : Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*. 1(1):16-22.

Suseno, J. E., & Firdausi, K. S. (2008). Rancang Bangun Spektroskopi Ftir (Fourier Transform Infrared) Untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi. Berkala Fisika Indonesia, 11(1), 23–28.

Susila, I. N., Chatri, M., Advinda, L., violita. 2023. Flavonoid Active Compound in Plants Senyawa Aktif Flavonoid yang Terdapat pada Tumbuhan. *Serambi Biologi.* 8(2), 126132.

Syabana, M. A., Saylendra, A., Deri, R. 2015. Aktivitas AntiCendawan Ekstrak Daaun Sereh Wangi (*Cymbopogon nardus* L.) terhadap *Colletotrichum* sp. penyebab Penyakit Antraknosa pada buah Cabai (*Capsicum annum*) secara in Vitro dan In Vivo. *Agrologia.* 4(1), 21-27.

Sylvia, N., Damanik, S., Muhammad, Nasrul. 2022. Kajian Kolom Adsorbsi zat warna methyl orange menggunakan adsorben dari ampas the. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal.* 11(2), 122-135.

Taihuttum Y. M. 2017. Uji Daya Hambat Ekstrak Biji Pinang (Arecha catechu L.) Terhadap Pertumbuhan Streptococcus mutans Secara In Vitro. *Molucca Medica*. 10(1), 127-140.

Taleghani, A. & Najaran, T. 2018. Potent Cytotoxic Natural Flavonoids : the Limits of Perspective. *Current Pharmaceutical Design.* 24.

Than, P. P, Prihastuti, H., Phoulivong, S. Taylor, P. W. J., Hyde, K. D. 2008. Chilli antraknose Disease Caused by Colletotrichum species. *Journal of Zhejiang University Science B*. 9(10), 764-778.

Venkatesagowda, B., Ponugupaty, E., Barbosa, A. M. 2012. Diversity of Plant Oil Seed-Associated Fungi Isolated From Seven Oil-Bearing Seeds and Their Potential for The Production of Lipolytic Enzymes. *World Journal Microbial Biotecnol*. 28:71-80.

Wahyudi, T., Sugiyana, D., Helmy, Q. 2011. Sintesis Nanopartikel Perak dan Uji Aktivitasnya terhadap Bakteri *E.coli* dan *S.aureus. Arena Tekstil.* 26(1), 1-60.

Wan Mat Khalir, W. K. A., Shameli, K., Jazayeri, S. D., Othman, N. A., Che Jusoh, N. W., & Hassan, N. M. (2020). Biosynthesized Silver Nanoparticles By Aqueous Stem Extract Of Entada Spiralis And Screening Of Their Biomedical Activity. Frontiers In Chemistry, 8(August), 1–15. Https://Doi.Org/10.3389/Fchem.2020.00620

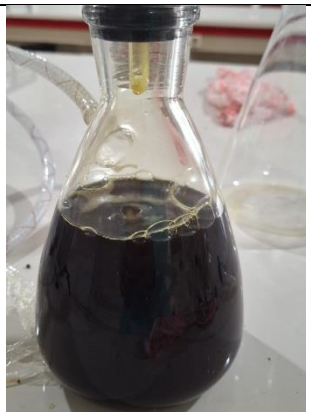
Zhahra, F., Nisa, N., Lizma, F., Rusli, R. 2020. Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Metanol Daun Nipah (*Nypa fruticans*) sebagai Agen Antibakteri). *Jurnal Sains dan Kesehatan.* 2(3), 166-170.

Zhao, Y., Wang, Y., Ran, F., Cui, Y., Liu, C., Zhao, Q., Gao, Y., Wang, D., & Wang, S. (2017). A Comparison Between Sphere And Rod Nanoparticles Regarding Their In Vivo Biological Behavior And Pharmacokinetics. Scientific Reports, 7(1), 1–11.

Hidana, R. & Dinah K. F. 2016. Daya Hambat Infusum Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) Terhadap Pertumbuhan Jamur *Pityrosporum ovale. Jurnal Keseharan Bakti Tunas Husada.* 15(1), 1-9.

LAMPIRAN

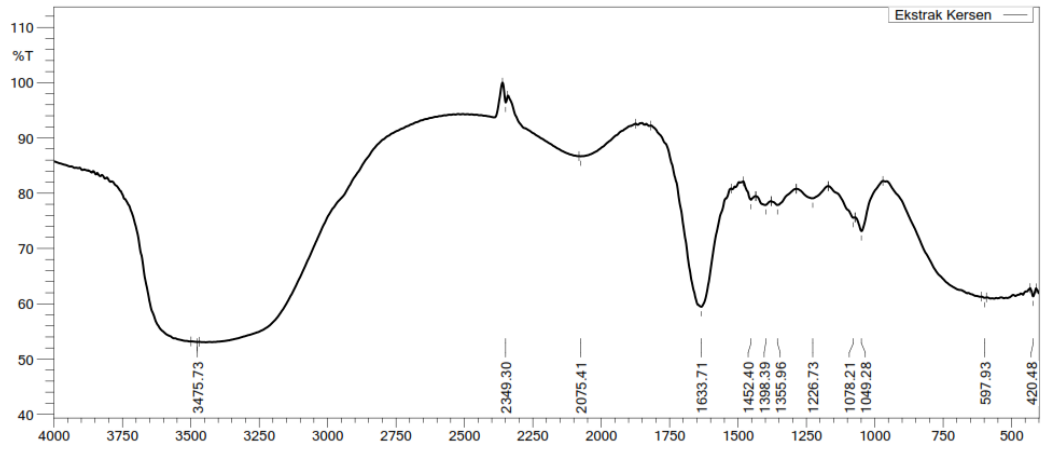
Lampiran 1. Pembuatan Ekstrak Daun Kersen dan Sintesis Nanopartikel

 Persiapan alat dan bahan	 Menimbang bubuk kersen 500 gram x 2
 Memasukkan ke dalam toples untuk diberi pelarut etanol 70% (1:3)	 Dimaserasi selama 3 hari di tempat gelap
 Di vaccum untuk memisahkan ekstrak dan pelarutnya	 Di oven untuk mendapatkan ekstrak murni

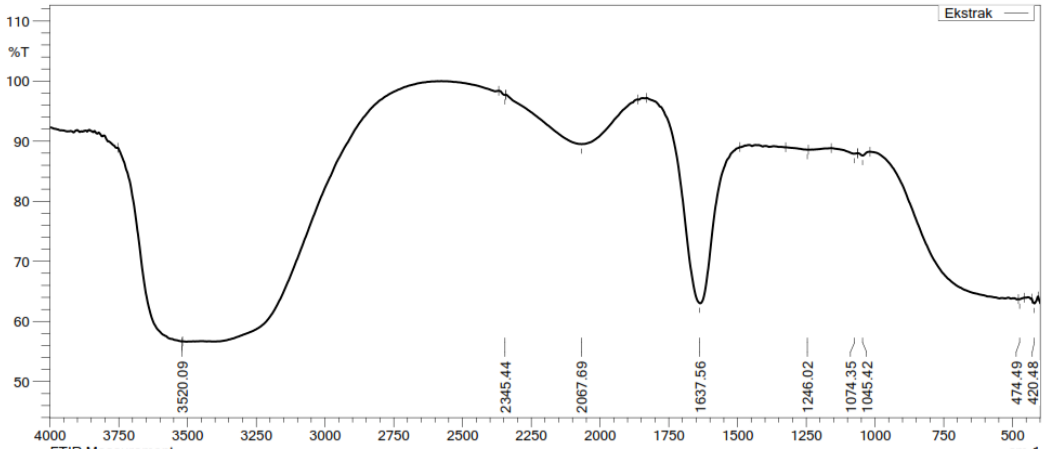
Ekstrak murni disimpan di suhu rendah sebelum digunakan	Hasil sintesis nanopartikel

Lampiran 2. Hasil Uji FTIR

Hasil Uji FTIR Nanopartikel Ekstrak Daun Kersen



Hasil Uji FTIR Ekstrak Daun Kersen



Lampiran 3. Hasil Uji PSA

BECKMAN COULTER

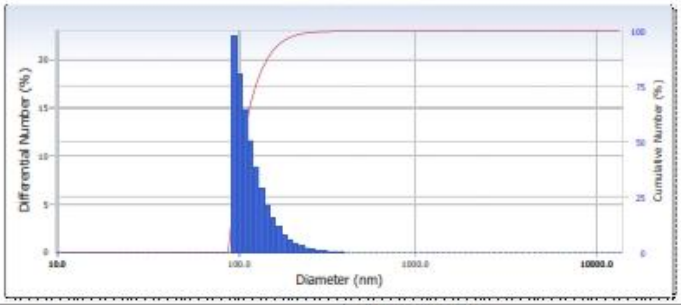
Delsa™ Nano
Common

Number Distribution S/N : 142812

User	: Common	Group	: PSA	Repetition	: 1/1
Date	: 4/26/2025	File Name	: PSA 1 26042025		
Time	: 11:07:51	Sample Information	: PSA 1 26042025		
SOP Name	: Gel			Security	: No Security

Version 3.73 / 2.30

Number Distribution



Distribution Results (Contin)

Peak	Diameter (nm)	Std. Dev.
1	124.4	35.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
Average	124.4	35.0

Residual : 1.285e-002 (O.K)

Cumulants Results

Diameter	(d)	: 727.3	(nm)
Polydispersity Index	(P.I.)	: 0.295	
Diffusion Const.	(D)	: 6.764e-009	(cm²/sec)

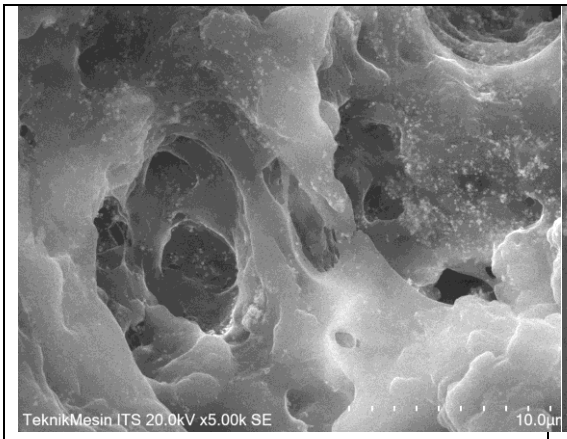
Measurement Condition

Temperature	: 25.0	(°C)
Diluent Name	: WATER	
Refractive Index	: 1.3328	
Viscosity	: 0.8878	(cP)
Scattering Intensity	: 30216	(cps)
Attenuator 1	: 5.23	(%)

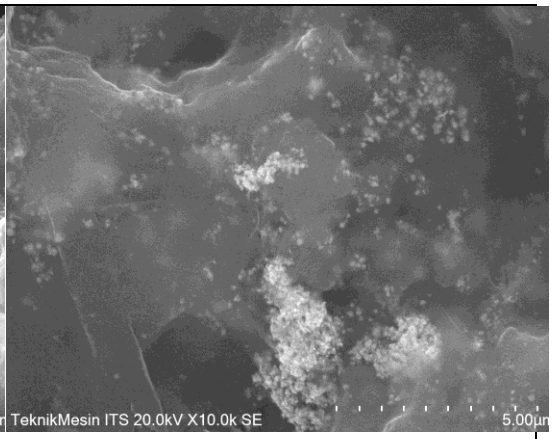
Number Distribution Table

d (nm)	f(%)	f(cum.%)	d (nm)	f(%)	f(cum.%)	d (nm)	f(%)	f(cum.%)	d (nm)	f(%)	f(cum.%)
10.0	0.0	0.0	62.6	0.0	0.0	392.3	0.0	99.9	2457.0	0.0	100.0
10.8	0.0	0.0	67.4	0.0	0.0	422.2	0.0	99.9	2644.1	0.0	100.0
11.6	0.0	0.0	72.5	0.0	0.0	454.3	0.0	100.0	2845.4	0.0	100.0
12.5	0.0	0.0	78.1	0.0	0.0	488.9	0.0	100.0	3062.1	0.0	100.0
13.4	0.0	0.0	84.0	0.0	0.0	526.1	0.0	100.0	3295.3	0.0	100.0
14.4	0.0	0.0	90.4	0.0	0.0	566.2	0.0	100.0	3546.2	0.0	100.0
15.5	0.0	0.0	97.3	22.4	22.4	609.3	0.0	100.0	3816.3	0.0	100.0
16.7	0.0	0.0	104.7	18.5	40.9	655.7	0.0	100.0	4106.9	0.0	100.0
18.0	0.0	0.0	112.7	14.8	55.7	705.6	0.0	100.0	4419.6	0.0	100.0
19.4	0.0	0.0	121.2	11.5	67.2	759.4	0.0	100.0	4756.1	0.0	100.0
20.8	0.0	0.0	130.5	8.8	76.1	817.2	0.0	100.0	5118.3	0.0	100.0
22.4	0.0	0.0	140.4	6.7	82.7	879.4	0.0	100.0	5508.1	0.0	100.0
24.1	0.0	0.0	151.1	4.9	87.6	946.4	0.0	100.0	5927.5	0.0	100.0
26.0	0.0	0.0	162.6	3.6	91.3	1018.5	0.0	100.0	6378.9	0.0	100.0
27.9	0.0	0.0	175.0	2.6	93.9	1096.0	0.0	100.0	6864.6	0.0	100.0
30.1	0.0	0.0	188.3	1.9	95.7	1179.5	0.0	100.0	7387.3	0.0	100.0
32.4	0.0	0.0	202.7	1.3	97.1	1269.3	0.0	100.0	7949.9	0.0	100.0
34.8	0.0	0.0	218.1	0.9	98.0	1365.9	0.0	100.0	8555.2	0.0	100.0
37.5	0.0	0.0	234.7	0.6	98.6	1469.9	0.0	100.0	9206.7	0.0	100.0
40.3	0.0	0.0	252.6	0.4	99.1	1581.9	0.0	100.0	9907.8	0.0	100.0
43.4	0.0	0.0	271.8	0.3	99.4	1702.3	0.0	100.0	10662.2	0.0	100.0
46.7	0.0	0.0	292.5	0.2	99.6	1832.0	0.0	100.0	11474.1	0.0	100.0
50.3	0.0	0.0	314.8	0.1	99.7	1971.5	0.0	100.0	12347.9	0.0	100.0
54.1	0.0	0.0	338.7	0.1	99.8	2121.6	0.0	100.0	13288.1	0.0	100.0

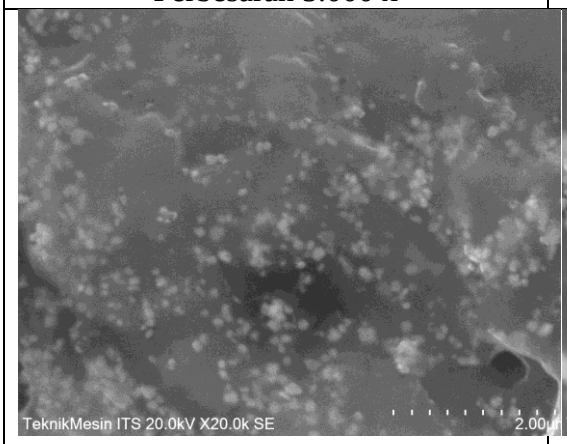
Lampiran 4. Hasil Uji SEM



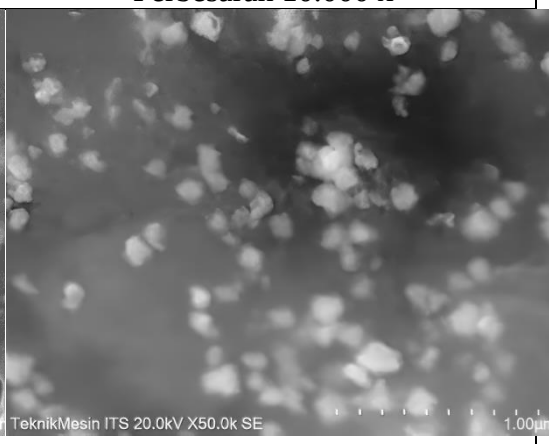
Perbesaran 5.000 x



Perbesaran 10.000 x

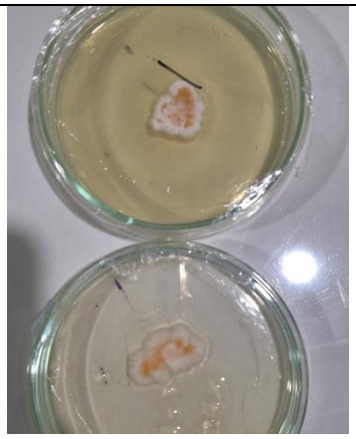


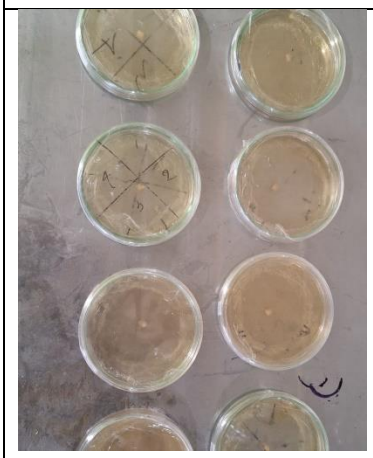
Perbesaran 20.000 x



Perbesaran 50.000 x

Lampiran 5. Uji Antifungi secara In Vitro



Membuat media PDA	Peremajaan jamur *Colletotrichum* sp.	Preparasi uji zona hambat
 Sampel uji zona hambat	Penyetaraan suspense jamur dengan standart mc. farland	uji KHM
	Uji KBM	

Lampiran 6. Dokumentasi Uji Zona Hambat, KHM, dan KBM

Uji zona hambat	
Uji KHM	

Uji KBM	

Lampiran 7. Data Uji Zona Hambat

Perlakuan	Presentase penghambatan (%)			Rata-Rata	Kategori
	1	2	3		
25%	57.1	30	38	41.7	Sedang
50%	58.9	37.5	42	46.1	Sedang
75%	64	67.5	70	67.1	Kuat
100%	80	80	84	81.3	Sangat kuat
Akuades	0	0	0	0	Tidak aktif
AgNO3	55.1	52.5	40	49.2	Sedang
Ekstrak 60%	42.8	5	38	28.6	Sedang
Ketokonazol	100	100	100	100	Sangat kuat

Lampiran 8. Data Uji KHM

Perlakuan	Hasil KHM		
	1	2	3
80	+	+	+
85	+	+	+
90	-	+	+
95	+	-	+

100	-	-	-
DMSO	-	-	-
Media	-	-	-
AgNO3	+	+	+
Ekstrak 60%	+	+	+
Ketokonazol	-	-	-

Lampiran 9. Hasil Uji SPSS Diameter Jamur

Uji Normalitas

Tests of Normality							
	Perlakuan	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Presentase_penghambatan	50%	.310	3	.	.899	3	.383
	75%	.211	3	.	.991	3	.817
	100%	.314	3	.	.893	3	.363
	25%	.271	3	.	.947	3	.557
	AgNO3	.325	3	.	.875	3	.309
	ekstrak	.343	3	.	.844	3	.223
a. Lilliefors Significance Correction							

Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Presentase_penghambatan	Based on Mean	.592	2	21	.562
	Based on Median	.467	2	21	.633
	Based on Median and with adjusted df	.467	2	20.116	.633
	Based on trimmed mean	.593	2	21	.561

Uji ANOVA

ANOVA					
Presentase_penghambatan					
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	445.818	2	222.909	.217	.806
Within Groups	21528.988	21	1025.190		
Total	21974.805	23			

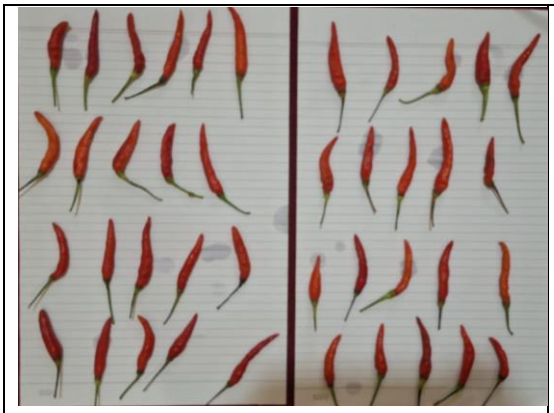
Uji DMRT

Presentase_penghambatan						
Duncan[a,b]						
Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
K2	3		28.600			
F1	3		41.700	41.700		
F2	3		46.133	46.133		
K1	3			49.200		
F3	4				71.375	
F4	2				79.500	
Sig.		1.000	.080	.438	.376	1.000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.						
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.909.						
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.						

Lampiran 10. Uji Antifungi secara in Vivo

Menyiapkan buah cabai	Sterilisasi alcohol 70%	Dibilas dengan akuades
Diinokulasi jamur pathogen	Direndam dengan senyawa uji	Diamati setiap pertumbuhan jamur

Lampiran 11. Dokumentasi Hasil Uji Nanopartikel Perak Ekstrak Daun Kersen ke buah Cabai secara in Vivo

 Hari ke-0	Hari ke-2
Hari ke-4	Hari ke-6
Hari ke -8	Hari ke-10

Lampiran 12. Hasil Pengamatan Kejadian Penyakit pada Buah Cabai Rawit oleh Jamur Patogen *Colletotrichum* sp.

Konsentrasi Ekstrak	Ulangan	Kejadian Penyakit Hari Ke- (%)						Rata-Rata
		0	2	4	6	8	10	
Kontrol akuades	1	0	40	60	100	100	100	**80**
	2	0	20	60	100	100	100	**76**
	3	0	40	100	100	100	100	**88**
Kontrol nanopartikel perak	1	0	0	20	60	60	60	**40**
	2	0	0	20	60	100	100	**56**
	3	0	20	40	80	80	80	**60**
Kontrol ekstrak daun kersen 60%	1	0	0	40	60	100	100	**60**
	2	0	20	40	60	100	100	**64**
	3	0	20	40	60	100	100	**64**
Kontrol ketokonazol	1	0	0	0	0	20	40	**12**
	2	0	0	0	20	20	40	**16**
	3	0	0	0	0	20	20	**8**
25%	1	0	20	40	40	60	60	**44**
	2	0	0	20	40	60	80	**40**
	3	0	0	20	40	60	80	**40**
50%	1	0	0	20	40	60	80	**40**
	2	0	0	20	40	40	60	**32**

	3	0	0	0	20	40	60	**24**
75%	1	0	0	0	40	40	60	**28**
	2	0	0	0	20	20	40	**16**
	3	0	0	0	40	60	60	**32**
100%	1	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	0	0	0	0	20	40	**12**
	3	0	0	0	0	0	0	**0**

Perhitungan :

$$Kejadian\ Penyakit\ (\%) = \frac{jumlah\ buah\ yang\ terserang}{jumlah\ buah\ yang\ diinokulasi} \text{ x } 100\%$$

Lampiran 13. Hasil Analisis Kejadian Penyakit pada Buah Cabai Rawit Menggunakan SPSS

Uji Normalitas

Tests of Normality							
		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	perlakuan	Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
kejaidan_penyakit	K1	.253	3	.	.964	3	.637
	K2	.314	3	.	.893	3	.363
	K3	.385	3	.	.750	3	.000
	K4	.175	3	.	1.000	3	1.000
	P2	.175	3	.	1.000	3	1.000
	P3	.292	3	.	.923	3	.463
a. Lilliefors Significance Correction							

Uji homogenitas

Test of Homogeneity of Variances					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
kejaidan_penyakit	Based on Mean	1.749	7	16	.168
	Based on Median	.436	7	16	.865
	Based on Median and with adjusted df	.436	7	9.303	.857
	Based on trimmed mean	1.611	7	16	.203

Uji ANOVA

ANOVA					
kejaidan_penyakit					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14148.667	7	2021.238	45.252	.806
Within Groups	714.667	16	44.667		
Total	14863.333	23			

Uji Duncan

kejadian_penyakit							
Duncan[a]							
		Subset for alpha = 0.05					
perlakuan	N	1	2	3	4	5	6
P4	3	4.00					
P3	3		25.33				
P2	3		32.00	32.00			
P1	3			41.33	41.33		
K1	3				52.00	52.00	
K2	3					62.67	
Sig.		.162	.240	.107	.068	.068	1.000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.							
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.							

Lampiran 14 . Hasil Pengamatan Intensitas Penyakit pada Buah Cabai Rawit oleh Jamur Patogen *Colletotrichum* sp.

Konsentrasi Ekstrak	Ulangan	Intensitas Penyakit Hari Ke- (%)						Rata-Rata
		0	2	4	6	8	10	
Kontrol akuades	1	0	0	35	65	80	90	**54**
	2	0	20	50	60	85	90	**61**
	3	0	26.67	45	70	90	95	**65.33**
Kontrol perak	1	0	20	53	73,3	75	80	**60.26**
	2	0	0	30	45	65	70	**42**
	3	0	0	20	50	54,3	55	**35.6**
Kontrol ketokonazol	1	0	0	0	20	20	30	**14**
	2	0	0	0	20	20	30	**14**
	3	0	0	0	0	20	40	**12**
Kontrol ekst0rak 60%	1	0	0	20	50	54,3	55	**35.6**
	2	0	0	20	60	65	70	**43**
	3	0	20	53	73,3	75	80	**60.26**
25%	1	0	20	50	60	85	90	**61**
	2	0	0	20	50	54,3	55	**35.6**
	3	0	0	40	46,67	66,67	66,67	**35.67**
50%	1	0	0	30	45	65	70	**42**
	2	0	0	25	30	60	60	**35**

	3	0	0	40	46,67	66,67	66,67	**35.67**
75%	1	0	0	0	33,33	35	40	**21.67**
	2	0	0	0	20	20	30	**14**
	3	0	0	0	30	46,67	50	**25.33**
100%	1	0	0	0	0	0	0	**0**
	2	0	0	0	0	20	40	**12**
	3	0	0	0	0	0	0	**0**

Perhitungan :

$$Intensitas\ Penyakit\ (100\%) = \frac{\sum(nxv)}{N\ x\ V}\ x\ 100\%$$

Konsentrasi Ekstrak	**Intensitas Serangan**	**Kategori Serangan**
Akuades	60,11%	Berat
perak	45.95%	Berat
Ekstrak 60%	46%	Berat
Ketokonazol	13%	Sangat ringan
25%	44.09%	Berat
50%	37,56%	Berat
75%	20,33%	Sedang
100%	4%	Sangat ringan

Lampiran 16. Hasil Analisis Intensitas Penyakit Pada Buah Cabai Rawit Menggunakan SPSS

Uji Normalitas

Tests of Normality							
		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	perlakuan	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
keparahan_penyakit	K1	.354	3	.	.821	3	.166
	K2	.258	3	.	.960	3	.615
	P1	.229	3	.	.982	3	.742
	P2	.384	3	.	.752	3	.005
	P3	.288	3	.	.928	3	.483
	P4	.385	3	.	.750	3	.000

Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
keparahan_penyakit	Based on Mean	3.133	7	16	.028
	Based on Median	.464	7	16	.847
	Based on Median and with adjusted df	.464	7	6.985	.834
	Based on trimmed mean	2.755	7	16	.044

Uji ANOVA

ANOVA					
keparahan_penyakit					
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7811.727	7	1115.961	13.351	.000
Within Groups	1337.430	16	83.589		
Total	9149.157	23			

Uji Duncan

Intensitas			
Duncan[a]			
		Subset for alpha = 0.05	
Perlakuan	N	1	2
P4	3	4.0000	
P3	3	20.3333	20.3333
P2	3		37.5567
P1	3		44.0900
K1	3		45.9581
K2	3		46.2867
Sig.		.190	.067
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.			
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.			