

**KAJIAN KOMPONEN AKTIF EKSTRAK KULIT HUJAN EMAS (*Senna
multijuga*) SEBAGAI ANTIJAMUR *Botrytis cinerea* MELALUI
PENDEKATAN *IN SILICO***

SKRIPSI

Oleh

**AGIL TRIHASTOMO
1914051056**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

ABSTRACT

STUDY OF ACTIVE COMPOUNDS IN THE BARK EXTRACT OF GOLDEN SHOWER TREE (*Senna multijuga*) AS AN ANTIFUNGAL AGAINST *Botrytis cinerea* USING AN *IN SILICO* APPROACH

By

AGIL TRIHASTOMO

The golden shower tree (*Senna multijuga*) remains underutilized despite its potential as a source of secondary metabolites with antifungal properties that may help prevent plant damage caused by pathogenic fungi. One of the pathogenic fungi responsible for significant economic losses during the postharvest period is *Botrytis cinerea*. Therefore, the development of natural biofungicides is needed to prevent the spread of *Botrytis cinerea* while ensuring environmental sustainability and food safety. This study aimed to identify active compounds in the bark of *Senna multijuga* with potential antifungal activity against *Botrytis cinerea* through an *In silico* approach. The research employed an experimental method with descriptive analysis, including chromatographic column fractionation of the most effective extract, LC-MS analysis of the best fraction, and *In silico* evaluation of the obtained data. The results were presented in the form of figures and tables. LC-MS analysis revealed the presence of various compounds with potential antifungal activity. Molecular *docking* analysis showed that Conicasterol B exhibited the best binding affinity value of -10.7 kcal/mol against the 4GF8 target protein through hydrophobic interactions with residues LEU A:480, LEU A:484, TYR A:497, PRO A:506, LEU B:480, LEU B:484, TYR B:304, and TYR B:497. Furthermore, Conicasterol B demonstrated inhibitory potential against the ATP-dependent RNA helicase target protein (5U6M) with a binding affinity value of -9.1 kcal/mol through a hydrogen bond interaction with TYR A:177 and hydrophobic interactions involving residues PHE A:43, PHE A:70, PHE A:246, TYR A:180, LEU A:245, MET A:274, and TRP A:364. Therefore, the findings indicate that Conicasterol B, an active compound identified from the bark extract of *Senna multijuga*, has potential as an antifungal agent against *Botrytis cinerea*.

Kata kunci: Antifungal, *Senna multijuga*, *In silico*, molecular docking, *Botrytis cinerea*

ABSTRAK

KAJIAN KOMPONEN AKTIF EKSTRAK KULIT HUJAN EMAS (*Senna multijuga*) SEBAGAI ANTIJAMUR *Botrytis cinerea* MELALUI PENDEKATAN *IN SILICO*

Oleh

AGIL TRIHASTOMO

Tanaman hujan emas (*Senna multijuga*) masih kurang di manfaatkan padahal terdapat metabolit sekunder yang berpotensi sebagai antijamur untuk mencegah kerusakan tanaman akibat jamur patogen. Salah satu jamur patogen yang menyebabkan kerugian ekonomi selama pascapanen yaitu jamur *Botrytis cinerea*. Sehingga dibutuhkan biofungisida alami yang berperan untuk mencegah penyebaran *Botrytis cinerea* sekaligus aman untuk lingkungan dan keamanan pangan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan senyawa aktif pada kulit hujan emas (*Senna multijuga*) yang berpotensi sebagai antijamur *Botrytis cinerea* secara *In silico*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan analisis secara deskriptif meliputi hasil ekstraksi terbaik diuji dengan kolom kromatografi, fraksi terbaik di uji dengan LC-MS, dan data yang diperoleh dilakukan pengujian *In silico*. Hasil yang didapatkan akan ditampilkan dalam bentuk gambar dan tabel. Hasil LC-MS menunjukkan keberadaan berbagai senyawa yang berpotensi sebagai antijamur, sedangkan hasil *docking* memperlihatkan bahwa senyawa Conicasterol B menunjukkan nilai *binding affinity* terbaik sebesar -10,7 kcal/mol pada gen 4GF8 melalui ikatan hidrofobik dengan residu LEU A 480, LEU A 484, TYR A 497, PRO A 506, LEU B 480, LEU B 484, TYR B 304, TYR B 497, serta menghambat protein target ATP dependent helicase RNA gen 5U6M dengan nilai *binding affinity* -9.1 kcal/mol melalui ikatan hydrogen TYR A 177 dan ikatan hidrofobik PHE A 43, PHE A 70, PHE A 246, TYR A 180, LEU A 245, MET A 274, TRP A 364. Dengan demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa aktif Conicasterol B dari ekstrak kulit *Senna multijuga* berpotensi sebagai antijamur *Botrytis cinerea*.

Kata kunci: Antijamur, *Senna multijuga*, *In silico*, *molecular docking*, *Botrytis cinerea*

KAJIAN KOMPONEN AKTIF EKSTRAK KULIT HUJAN EMAS (*Senna multijuga*) SEBAGAI ANTIJAMUR *Botrytis cinerea* MELALUI PENDEKATAN *IN SILICO*

Oleh

AGIL TRIHASTOMO

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Univeritas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi

**: KAJIAN KOMPONEN AKTIF
EKSTRAK KULIT HUJAN EMAS
(*Senna multijuga*) SEBAGAI
ANTIJAMUR *Botrytis cinerea*
MELALUI PENDEKATAN *IN*
*SILICO***

Nama

: Agil Trihatomo

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1914051056

Jurusan/Program Studi

: Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas

: Pertanian



1. Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Subeki, M.Sc.
NIP. 196804091993031002

Prof. Dr. W. Samsul Rizal, M.Si.
NIP. 196902251994031002

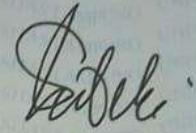
2. ketua jurusan teknologi hasil pertanian

Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., C.EIA.
NIP. 197210061998031005

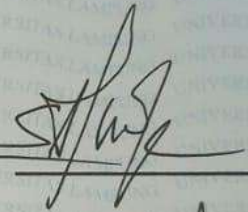
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

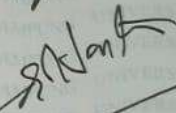
Ketua : Dr. Ir. Subeki, M.Sc.



Sekretaris : Prof. Dr. Ir. Samsul Rizal, M.Si.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Dewi Sartika, S.T.P., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 19641118 198902 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 9 Juni 2026

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Agil Trihastomo

NPM : 1914051056

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukan hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggung jawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 9 Juni 2026
Yang Membuat Pernyataan



Agil Trihastomo
NPM 1914051056

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Metro pada 12 Juli 2001 sebagai anak tunggal dari Bapak Sumadi dan Ibu Mugi Hastuti. Penulis menyelesaikan pendidikan taman kanak-kanak di TK Perwanida Kota Metro pada tahun 2007, Sekolah Dasar di SD Pertiwi Teladan Kota Metro pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 3 Metro pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 3 Metro pada tahun 2019. Tahun 2019 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama bulan Januari-Februari 2022, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Puwoasri, Kecamatan Metro Utara, Kota Metro, Provinsi Lampung. Pada bulan Juli-Agustus 2022, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Sentulfresh Indonesia, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat dengan judul “Kajian Proses Penggudangan dan Pelabelan Kemasan Produk Es Yoghurt Di Sentulfresh Edufarm Kabupaten Bogor, Jawa Barat”. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi anggota dalam organisasi HMJ THP FP Unila dan anggota UKM Koperasi Mahasiswa Universitas Lampung.

SANWACANA

Alhamdulillah robbil' alamin. Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. karena berkat limpahan rahmat, hidayah, dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Skripsi dengan judul “Kajian Komponen Aktif Ekstrak Kulit Hujan Emas (*Senna multijuga*) Sebagai Antijamur *Botrytis cinerea* (Jamur Abu Abu) Melalui Pendekatan *In silico*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknologi Pertanian di Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat diselesaikan karena bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., C.EIA. selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan skripsi.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Samsul Rizal, M.Si., selaku Koordinator Progam Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung sekaligus Dosen Pembimbing Kedua, yang telah memberikan bimbingan, kritik, dan saran yang membangun kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
4. Bapak Dr. Ir. Subeki, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing Pertama yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran, serta memberikan bimbingan, saran, nasihat, dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.

5. Ibu Dr. Dewi Sartika, S.T.P., M.Si. selaku Dosen Pembahas, yang telah memberikan bimbingan, kritik, saran, dan nasihat yang membangun kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung, atas ilmu, kebaikan, dan pengalaman yang diberikan selama menjalani perkuliahan.
7. Staf dan karyawan di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang membantu penulis dalam menyelesaikan administrasi akademik.
8. Kedua orang tua tercinta, Bapak Sumardi dan Ibu Mugi Hastuti yang telah memberikan banyak dukungan moril maupun materil, doa, motivasi, serta semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
9. Seluruh keluarga besar Djoyodimejo yang telah memberikan banyak dukungan, doa, saran, serta semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
10. Sahabat penulis sejak SMA hingga saat ini, Dhanes Bimantoro dan Bagas Saputra yang selalu berbagi cerita seperti keluarga, selalu bersama saat suka maupun duka, selalu memberikan semangat, doa, dan saran dalam menyelesaikan skripsi.
11. Sahabat-sahabatku (Aryo, Mario, Alma, Maulida, Nova, Chintia, dan Nur) dan rekan-rekan semuanya atas doa, semangat, dukungan, canda tawa, serta kebersamaannya selama ini.
12. Keluarga besar THP angkatan 2019 terima kasih atas perjalanan, kebersamaan serta seluruh cerita suka maupun dukanya selama ini.

Penulis berharap semoga Allah SWT. membalas kebaikan yang telah diberikan dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi penulis dan banyak pihak.

Bandar Lampung, 9 Juni 2026
Penulis

Agil Trihastomo
NPM 1914051056

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan.....	5
1.3 Kerangka Pemikiran	5
1.4 Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tanaman Hujan Emas (<i>Senna multijuga</i>).....	7
2.1.1 Aktivitas Biologi Tanaman Hujan Emas	8
2.2 <i>Botrytis cinerea</i>	9
2.3 Metode Ekstraksi.....	11
2.3.1 Ekstraksi.....	11
2.3.2 Pelarut	12
2.4 Kolom Kromatografi.....	14
2.5 <i>In silico</i>	17
2.5.1 Ligan dan Protein Target.....	18
III. METODE PENELITIAN	21
3.1. Waktu dan Tempat.....	21
3.2. Bahan dan Alat	21
3.3 Metode Penelitian	21
3.4 Pelaksanaan Penelitian	22
3.4.1 Preparasi Sampel	22
3.4.2 Fraksinasi Kulit Hujan Emas.....	22
3.4.3 Uji <i>In silico</i>	24
3.5 Parameter Pengamatan.....	25
3.5.1 Identifikasi Komponen Aktif Kultur <i>Senna</i>	

<i>multijuga</i>	25
3.5.2 Uji Aktivitas Antijamur <i>Botrytis cinerea</i> secara <i>In silico</i>	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1. Ekstraksi dan isolasi senyawa	26
4.2 Analisis LC-MS.....	29
4.3 <i>Docking</i> Analisis.....	32
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
5.1. Kesimpulan.....	44
5.2. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Senyawa hasil pengujian LC-MS pada sampel Fraksi 2	30
2. Hasil <i>In silico</i> senyawa <i>Senna multijuga</i> terhadap <i>Botrytis cinerea</i> ...	33
3. Hasil <i>In silico</i> senyawa <i>Senna multijuga</i> pada Gen 4GF8	68
4. Hasil <i>In silico</i> senyawa <i>Senna multijuga</i> pada Gen 5U6M	71
5. Hasil <i>In silico</i> senyawa <i>Senna multijuga</i> pada Gen IJXA.....	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tanaman hujan emas (<i>Senna multijuga</i>)	8
2. Jamur <i>Botrytis cinerea</i>	10
3. Struktur formula etil asetat.....	13
4. Struktur formula Kloroform.....	14
5. Struktur formula methanol.....	14
6. Proses kolom kromatografi	15
7. Ligan dan Protein target. a). Struktur 3D Phrotioconazole, b). struktur protein biogenesis ribosom, c). Struktur ATP dependent RNA helicase.....	19
8. . Diagram alir pembuatan ekstraksi senyawa <i>Senna multijuga</i>	23
9. Diagram alir uji <i>In silico</i>	24
10. Proses maserasi kulit tanaman <i>Senna multijuga</i>	27
11. Hasil pengujian TLC fraksi 2.....	28
12. Kromatogram Senyawa fraksi 2.....	29
13. Struktur Kimia Senyawa Hasil LC-MS <i>Senna multijuga</i> A). 3-.....	32
14. Bentuk 2D dan 3D senyawa Conicasterol B gen 4GF8	41
15. Bentuk 2D dan 3D senyawa Conicasterol B gen 5U6M.....	42
16. Bentuk 2D dan 3D senyawa terbaik gen 1JXA	42
17. Dokumentasi preparasi sampel a) Pencacahan kulit <i>Senna multijuga</i> ,	49
18. Dokumentasi hasil <i>docking</i> senyawa di dalam <i>Senna multijuga</i> A). 3-Methyl-4-oxo-3,4-dihydroimidazo[5,1d] [1,2,3,5]tetrazine-8- carbonitrile, B). 2-[2-(Dicyanomethylidene)hydrazinyl] propanedinitrile.....	50
19. Dokumentasi hasil <i>docking</i> senyawa di dalam <i>Senna multijuga</i> C). 3-BHA, D). 1,3-Dicyclohexylurea.....	51
20. Dokumentasi hasil <i>docking</i> senyawa di dalam <i>Senna multijuga</i> E). 1-(1,1-Diaminopropoxy)propane-1,1-diamine;ethane-1,2-diol, F). Ilicic acid, methyl ester.....	52

21. Dokumentasi hasil <i>docking</i> senyawa di dalam <i>Senna multijuga</i> G). 2-Hexyl-3,5-dipentylpyridine, H). 2-N-cycloheptyl-4-N-[3-(dimethylamino)propyl]-1,3,5-triazine-2,4,6-triamine	53
22. Dokumentasi hasil <i>docking</i> senyawa di dalam <i>Senna multijuga</i> I). 1-[3-(Azepan-1-yl)propyl]-3-[1-(4-methyl-1,2,4-triazol-3-yl)ethyl]urea, J). Androstanolone	54
23. Dokumentasi hasil <i>docking</i> senyawa di dalam <i>Senna multijuga</i> K). (3R)-8-[(3R,4S,7aS,9R,11aR,11bS)-3-hydroxy-4-methyl-2,3,4,6,7,7a,8,9,10,11,11a,11b-dodecahydro-1H-benzo[a]quinolizin-9-yl]-3-(ethylaminomethyl)-3-hydroxyoctanoic acid, L). 2,2'-Ethylidenebis(4,6-di-tert-butylphenol)	55
24. Dokumentasi hasil <i>docking</i> senyawa di dalam <i>Senna multijuga</i> M). Ergosta-4,6,8(14),22-Tetraen-3-One, N). Ezeprogind puncak 16.636	56
25. Dokumentasi hasil <i>docking</i> senyawa di dalam <i>Senna multijuga</i> O). Ezeprogind puncak 16.945, P). N-[2-[4-[2-[4-[3-(2-chlorophenothiazin-10-yl)propyl]piperazin-1-yl]ethoxy]phenyl]ethyl]propan-2-amine	57
26. Dokumentasi hasil <i>docking</i> senyawa di dalam <i>Senna multijuga</i> Q). Conicasterol B	58
27. Dokumentasi hasil <i>docking</i> senyawa di dalam <i>Senna multijuga</i> A). Difenconazole, B). 3-Methyl-4-oxo-3,4-dihydroimidazo[5,1-d][1,2,3,5]tetrazine-8-carbonitrile	59
28. Dokumentasi hasil <i>docking</i> senyawa di dalam <i>Senna multijuga</i> C). 2-[2-(Dicyanomethylidene)hydrazinyl]propanedinitrile, D). 3-BHA	60
29. Dokumentasi hasil <i>docking</i> senyawa di dalam <i>Senna multijuga</i> E). 1,3-Dicyclohexylurea, F). 1-(1,1-Diaminopropoxy)propane-1,1-diamine;ethane-1,2-diol	61
30. Dokumentasi hasil <i>docking</i> senyawa di dalam <i>Senna multijuga</i> G). Ilicic acid, methyl ester, H). 2-Hexyl-3,5-dipentylpyridine	62
31. Dokumentasi hasil <i>docking</i> senyawa di dalam <i>Senna multijuga</i> I). 2-N-cycloheptyl-4-N-[3-(dimethylamino)propyl]-1,3,5-triazine-2,4,6-triamine, J). 1-[3-(Azepan-1-yl)propyl]-3-[1-(4-methyl-1,2,4-triazol-3-yl)ethyl]urea	63
32. Dokumentasi hasil <i>docking</i> senyawa di dalam <i>Senna multijuga</i> K). Androstanolone, L). (3R)-8-[(3R,4S,7aS,9R,11aR,11bS)-3-hydroxy-4-methyl-2,3,4,6,7,7a,8,9,10,11,11a,11b-dodecahydro-1H-benzo[a]quinolizin-9-yl]-3-(ethylaminomethyl)-3-hydroxyoctanoic acid	64
33. Dokumentasi hasil <i>docking</i> senyawa di dalam <i>Senna multijuga</i> M). 2,2'-Ethylidenebis(4,6-di-tert-butylphenol), N). Ergosta-4,6,8(14),22-Tetraen-3-One	65

34. Dokumentasi hasil *docking* senyawa di dalam *Senna multijuga*
O). Ezeprogind puncak 16.636, P). Ezeprogind puncak 16.945 66
35. Dokumentasi hasil *docking* senyawa di dalam *Senna multijuga*
Q). N-[2-[4-[2-[4-[3-(2-chlorophenothiazin-10-yl)propyl]
piperazin-1-yl]ethoxy]phenyl]ethyl]propan-2-amine,
R). Conicasterol B 67

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Tanaman hujan emas (*Senna multijuga*) merupakan tumbuhan setinggi 6 hingga 15 meter dari keluarga Fabaceae yang termasuk polong-polongan, memiliki bunga berwarna kuning keemasan yang tebal dan membulat. Tanaman *Senna multijuga* memiliki buah berwarna hijau, berubah menjadi hitam atau gelap apabila sudah matang, buah terdiri dari polong berbentuk silinder atau pipih panjang menyamping dengan rata-rata panjang 9,4 sampai 18,2 cm. Biji dihasilkan dalam polong yang sempit, padat, lonjong, pipih dengan lebar 1 sampai 2 cm berisi 20 sampai 32 biji, dengan lapisan luar biji berwarna abu-abu kecoklatan pucat. Tanaman ini, berasal dari daerah tropis lembab di Amerika Latin dan daerah tropis di seluruh dunia, termasuk Indonesia, Afrika, India, Cina, Australia, dan Hawaii (Carvalho, 2004).

Tanaman *Senna sp.* merupakan tanaman tropis yang tumbuh alami di pulau Sumatra Indonesia. Umumnya tanaman *Senna sp.* digunakan sebagai tanaman hias, tanaman sela, tanaman tepi penghalang hujan, dan sebagai pelindung di tepi jalan. Tanaman *Senna sp.* mudah tumbuh dan beradaptasi pada kondisi daerah kering yang menjadikan tanaman ini dimanfaatkan sebagai pohon pelindung atau sebagai tanaman perintis (Saraswati dkk., 2019). Tanaman *Senna sp.* umumnya belum banyak dimanfaatkan. Penelitian mengungkapkan bahwa tanaman dari genus *Senna* memiliki senyawa fitokimia yang beragam secara struktural, termasuk alkaloid, terpenoid, glikosida, tanin, saponin, steroid, flavonoid, antrakuinon, dan polifenol. Senyawa-senyawa ini memberikan potensi besar bagi pengembangan insektisida alami yang efektif dan ramah lingkungan. Studi yang dilakukan oleh Bene *et al.* (2019) kandungan fitokimia yang kaya dalam tanaman

Senna ini membuka peluang besar untuk penelitian lebih lanjut dan aplikasi dalam bidang pertanian dan pengendalian hama.

Genus *Senna* dapat dijadikan obat herbal dengan cara maserasi, rebusan, infus, eksudat. Termasuk yang selain itu rendaman kulit digunakan sebagai bahan terapi (Oladeji dkk., 2020). Beberapa spesies *Senna sp.* telah dikembangkan karena memiliki senyawa aktif dan memiliki manfaat farmakologis yang terdapat pada akar, kulit kayu, kulit, daun, biji dan buah. Studi farmakologi terbaru telah mengkonfirmasi bahwa ekstrak kasar, fraksi atau metabolit terisolasi dari genus *Senna* memiliki sifat antimalaria, antidiabetik, antimikroba, antioksidan, antiinflamasi, analgesik, antitumor, antinosisseptif, dan antikanker (Ibrahim dan Islam, 2014). Sejumlah besar fitokonstituen ini adalah antrakuinon, flavonoid, terpenoid, minyak atsiri, antron, alkaloid, tanin, polifenol, glikosida, steroid dan saponin diisolasi dari beberapa *Senna sp.* (Bene *et al.*, 2019). Senyawa inilah yang memiliki potensi untuk dijadikan sebagai senyawa anti fungi karena menghambat pertumbuhan jamur, seperti *Botrytis cinerea*.

Biofungisida yang mengandung molekul aktif alami memainkan peran penting dalam pertanian dan perlindungan pangan untuk mencegah kerusakan tanaman akibat jamur patogen. Salah satu jamur patogen yang menyebabkan kerugian ekonomi besar selama pascapanen yaitu jamur *Botrytis cinerea*. Jamur ini tergolong ke dalam famili *Sclerotiniacea* dan bersifat sebagai patogen jamur nekrotrofik yang menyebabkan penyakit busuk abu-abu pada beberapa buah seperti buah stroberi, anggur dan raspberry. *Botrytis cinerea* memiliki infeksi yang fleksibel, efisiensi reproduksi yang tinggi, kisaran inang yang luas dan kemampuan bertahan hidup dalam waktu lama sebagai struktur miselium kecil atau konidia (Atalay *et al.*, 2024).

Pengendalian penyakit *Botrytis cinerea* pascapanen pada buah, salah satunya stroberi masih bergantung pada penggunaan fungisida kimia. Fungisida umumnya disemprotkan pada kanopi stroberi sepanjang musim tanam, mulai dari fase pembungaan hingga menjelang panen. Penggunaan fungisida kimia memiliki

keuntungan seperti efisiensi tinggi, praktis, biaya relatif murah dan meningkatkan hasil dan kualitas buah. Namun, disisi lain penggunaan fungisida kimia menimbulkan resiko terhadap lingkungan dan keamanan pangan. Residu pestisida dalam buah dapat menyebabkan berbagai efek samping pada manusia, seperti alergi, asma, diabetes bahkan kanker (Vischetti *et al.*, 2023). Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengendalian yang ramah lingkungan dan aman, salah satunya melalui pemanfaatan senyawa bioaktif dari tanaman *Senna multijuga*.

Alkaloid piperidin ditemukan pada daun *Senna sp.* signifikan menghambat pertumbuhan isolat bakteri dan jamur *Staphylococcus aureu* dan *S. subtilis* (2,5 mg/mL) dan *Candida albicans* (5,0 mg/mL) (Sansores-Peraza dkk., 2000). Senyawa fenolik (8-19) terisolasi dari *Senna sp.* secara signifikan menghambat pertumbuhan mikroba yang diuji. Selain itu, ekstrak dan fraksi *Senna sp.* kaya flavonoid aktif menghambat pertumbuhan isolat jamur. Berdasarkan ekstrak tersebut, ekstrak etanol memberikan aktivitas penghambatan yang kuat (MIC (*minimum inhibitory concentration*) 5,9 hingga 23,4 mg/mL), fraksi etil asetat menunjukkan aktivitas menghambat yang signifikan terhadap jamur *C. glabrata* (MIC 5,9 mg/L), *C. tropis* dan *C. albicans* (MIC 23,4 mg/mL), sedangkan amfoterisin B menunjukkan aktivitas sedang (MIC 0,1-0,2 mg/mL) (Nascimento dkk., 2020). Tanaman *Senna multijuga* sebagai anti jamur berpotensi untuk dijadikan senyawa anti jamur pada *Botrytis cinerea*.

Penelitian tentang aktivitas anti fungi kulit *Senna multijuga* terhadap jamur *Botrytis cinerea* sangat penting dalam konteks pertanian, terutama dalam upaya untuk mengendalikan hama seperti penyakit busuk pangkal akar pada tanaman kelapa sawit. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan informasi potensi fraksi etil asetat kulit hujan emas sebagai agen pengendalian biologis atau sebagai sumber untuk pengembangan bahan aktif dalam formulasi fungisida yang ramah lingkungan. Hal ini dapat berkontribusi pada upaya meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan industri kelapa sawit. *Senna multijuga* (kulit hujan emas), yang termasuk dalam famili *Fabaceae*, diketahui mengandung senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, dan fenolik yang memiliki aktivitas

antimikroba (Jantan *et al.*, 2018). Namun, eksplorasi secara eksperimental untuk menyaring senyawa bioaktif dari tanaman memerlukan biaya dan waktu yang besar. Oleh sebab itu, pendekatan komputasi atau *In silico* digunakan sebagai metode awal yang efisien dalam penyaringan kandidat senyawa antifungi.

Dalam studi *In silico*, beberapa basis data dan perangkat lunak digunakan untuk mendukung proses penemuan obat berbasis senyawa alam. Basis data seperti PubChem digunakan untuk memperoleh struktur 3D senyawa fitokimia dalam format .SDF atau .PDB yang dibutuhkan dalam proses *docking* (Kim *et al.*, 2023). Selain itu, prediksi aktivitas biologis senyawa dilakukan menggunakan *tools* seperti SuperPred atau Swiss Target Prediction yang memungkinkan pemetaan target protein potensial berdasarkan struktur molekul (Nickel *et al.*, 2014).

Struktur protein target dari *Botrytis cinerea* diperoleh dari Protein Data Bank (PDB) atau jika belum tersedia, model 3D dapat diprediksi melalui AlphaFold, Swiss- Model, atau I-TASSER.

Selanjutnya, proses *molecular docking* dilakukan menggunakan perangkat lunak seperti AutoDock Tools, AutoDock Vina, atau PyRx, untuk mengevaluasi afinitas pengikatan antara ligan (senyawa aktif) dengan reseptor (protein target). Parameter utama dalam analisis *docking* meliputi nilai binding energy (kcal/mol), jenis dan jumlah ikatan hidrogen, serta posisi ligan pada situs aktif protein (Morris *et al.*, 2009; Trott dan Olson, 2010). Nilai *binding energy* yang lebih rendah mengindikasikan interaksi yang lebih stabil dan berpotensi kuat sebagai inhibitor.

Dengan demikian, studi ini bertujuan untuk menyaring dan mengevaluasi senyawa aktif dari ekstrak kulit *Senna multijuga* sebagai kandidat antifungi terhadap *Botrytis cinerea* melalui pendekatan *In silico*, menggunakan basis data dan perangkat lunak bioinformatika sebagai langkah awal dalam pengembangan agen antifungi berbasis tanaman yang efektif dan ramah lingkungan.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan senyawa aktif pada kulit hujan emas (*Senna multijuga*) yang berpotensi sebagai antijamur *Botrytis cinerea* secara *In silico*.

1.3 Kerangka Pemikiran

Aktivitas yang dihasilkan kulit tanaman *Senna multijuga* berhubungan dengan kandungan senyawa fenolik dan flavonoid nya. Sejumlah besar senyawa fitokimia yang terdapat pada tumbuhan *Senna multijuga* adalah antrakuinon, flavonoid, terpenoid, minyak atsiri, antron, alkaloid, tanin, polifenol, glikosida, steroid dan saponin diisolasi dari beberapa *Senna sp.* (Bene *et al.*, 2019). Spesies yang termasuk dalam genus *Senna* terkenal karena berbagai aplikasinya dalam pengobatan tradisional dan sebagai sumber alkaloid, termasuk dalam kelas piperidin dan piridin, yang menunjukkan berbagai aktivitas biologis. Di Brazil penggunaan obat spesies ini telah digunakan dalam pengobatan infeksi mata dan kulit, yang memberikan bukti potensi sifat antimikroba. Studi fitokimia telah menunjukkan adanya glikosida flavonoid dan alkaloid piridin pada spesies ini, dan fraksi Etil asetat tanaman ini menunjukkan aktivitas penghambatan asetilkolinesterase (AChE) (Francisco *et al.*, 2012).

Senyawa alkaloid piperidin ditemukan pada daun *Senna sp.* signifikan menghambat pertumbuhan isolat bakteri dan jamur *Staphylococcus aureus* dan *S. subtilis* (MIC 2,5 mg/mL) dan *Candida albicans* ((MIC 5,0 mg/mL) (Sansores-Peraza dkk., 2000). Selain itu terdapat senyawa fenolik (8-19) yang secara signifikan menghambat pertumbuhan mikroba. Ekstrak dan fraksi tinggi flavonoid yang terdapat di *Senna sp.* dapat menghambat pertumbuhan pada isolat jamur. Ekstrak etanol memberikan aktivitas penghambatan yang kuat dengan nilai MIC (*minimum inhibitory concentration*) 5,9 - 23,4 mg/mL), fraksi etil asetat menunjukkan aktivitas anti fungi yang signifikan pada jamur *C. glabrata* (MIC 5,9mg/mL), *C.tropis* dan *C.albicans* (MIC 23,4 mg/mL) (Nascimento dkk., 2020).

Jamur *Botrytis cinerea* menyerang beberapa tanaman buah yang menyebabkan penyakit busuk abu-abu. Berbagai penelitian telah dikembangkan untuk menghambat pertumbuhan jamur *Botrytis cinerea*. Penelitian yang dilakukan Kamaruzzaman *et al.* (2021) filtrat kultur *Trichoderma asperellum* pekat 10% mampu menghambat pertumbuhan 93% radial koloni dan laju penghamabatan sebesar 29% *Botrytis cinerea* pada media PDA. Isolat *Trichoderma asperellum* mengandung senyawa 2-etilheksan, octan-2-one, 3-methylbutan-1-ol, 2-methylbutanol, limonene yang merupakan senyawa antimikroba sehingga dapat menghambat pertumbuhan *Botrytis cinerea*. Penelitian lainnya yang dilakukan Saravanakumar *et al.* (2018) isolat *Thricoderma harzianum* (SBW0162) yang diuji *in vitro* dan *In silico*, menghasilkan tingkat penghambatan (90,6%) dan pengurangan penyakit (80,7%) dan hasil *molecular docking* menunjukkan bahwa senyawa harzianopiridon, harzianolida dan antrakuinon dapat meningkatkan aktivitas antijamur terhadap *Botrytis cinerea* melalui penghambatan protein terkait patogenesis dan virulensi.

Pendekatan *In silico* menjadi metode yang semakin penting dalam studi molekuler terhadap patogen tanaman, termasuk *Botrytis cinerea*, karena mampu memprediksi struktur protein, fungsi enzimatik, hingga interaksi ligan secara efisien dan ekonomis. Analisis *In silico* seperti pemodelan struktur 3D, prediksi situs aktif, dan *molecular docking* terhadap enzim GH5 (contohnya GlCel5A dari *G. lucidum*) dapat menjadi langkah awal dalam eksplorasi target biomolekuler untuk pengembangan senyawa antifungi atau biofungisida spesifik (Chen *et al.*, 2012; Zheng *et al.*, 2016). Oleh karena itu, pendekatan komputasional ini memiliki potensi besar untuk mempercepat proses skrining dan desain molekul penghambat patogen secara presisi sebelum dilakukan validasi eksperimental.

1.4 Hipotesis

Terdapat senyawa aktif dari kulit hujan emas (*Senna multijuga*) yang berpotensi sebagai antijamur dari *Botrytis cinerea* secara *In silico*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Hujan Emas (*Senna multijuga*)

Tanaman hujan emas (*Senna multijuga*) berbentuk pohon sedang dan ramping 6–15 meter dengan tajuk melebar. Daun tanaman berwarna hijau tua bertipe majemuk menyirip dan berseling serta tumbuh hingga 30 cm. Bentuk anak daun oval memanjang dengan ujung daun membulat. Jumlah anak daun 25-33 pasang yang berlawanan atau berseling dengan ukuran dan jumlah yang bervariasi. Biji dihasilkan dalam polong yang sempit, padat, lonjong, pipih dengan lebar 1 sampai 2 cm berisi 20 sampai 32 biji, dengan lapisan luar biji berwarna abu-abu kecoklatan pucat. Tanaman ini, berasal dari daerah tropis lembab di Amerika Latin dan daerah tropis di seluruh dunia, termasuk Indonesia, Afrika, India, Cina, Australia, dan Hawaii (Carvalho, 2004). Tanaman Hujan Emas dapat disajikan pada Gambar 2 oleh Irwin dan Barneby (1982).

Umumnya genus *Senna* dapat dijadikan obat herbal dengan cara maserasi, rebusan, infus, eksudat atau rendaman kulit tanaman digunakan sebagai bahan terapi (Oladeji dkk., 2020). Beberapa spesies *Senna spp.* telah dikembangkan karena keragaman structural molekul bioaktif aktivitas biologis dan farmakologis yang terdapat pada akar, kulit kayu, kulit, daun, biji dan buah. Menurut Ibrahim dan Islam (2014), studi farmakologi terbaru bahwa ekstrak kasar, fraksi atau metabolit terisolasi dari genus *Senna* memiliki sifat antimalaria, antidiabetik, antimikroba, antioksidan, antiinflamasi, analgesik, antitumor, antinosiseptif, dan antikanker. *Senna sp.* memiliki sejumlah besar fitokonstituen antrakuinon, flavonoid, terpenoid, minyak

Senyawa fenolik merupakan fitokonstituen yang melimpah dalam genus *Senna*

atsiri, antron, alkaloid, tanin, polifenol, glikosida, steroid dan saponin diisolasi dari beberapa *Senna sp.* (Bene *et al.*, 2019). Tanaman hujan emas (*Senna multijuga*) disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Tanaman hujan emas (*Senna multijuga*)
Sumber: Irwin dan Barneby (1982)

Taksonomi pohon hujan emas (*Senna multijuga*) menurut Carvalho (2004) :

Divisi	: Magnoliophyta (<i>Angiospermae</i>)
Class	: Magnoliatae (<i>Dicotyledone</i>)
Ordo	: Fabales
Famili	: Caesalpiniaceae (<i>Leguminosae caesalpinioideae</i>).
Genus	: <i>Senna</i>
Spesies	: <i>Senna multijuga</i>

2.1.1 Aktivitas Biologi Tanaman Hujan Emas

Tanaman *Senna sp.* memiliki kandungan alkaloid piperidin (88) yang terdapat pada daun *Senna racemosasecara* secara signifikan menghambat pertumbuhan isolat bakteri dan jamur *Staphylococcus aureus* dan *S. subtilis* (MIC(*minimum inhibitory concentration*) 2,5 mg/mL) dan jamur *Candida albicans* (MIC 5,0 mg/mL)

(Sansores-Peraza dkk., 2000). Senyawa fenolik (8-19) terisolasi dari *Senna sp.* secara signifikan menghambat pertumbuhan mikroba yang diuji. Selain itu, ekstrak dan fraksi kaya flavonoid dinilai pada isolat jamur. Dari ekstrak tersebut, ekstrak etanol memberikan aktivitas penghambatan yang kuat (MIC = 5,9 hingga 23,4 mg/mL), fraksi etil asetat menunjukkan aktivitas melawan yang signifikan *C.glabrata* (MIC 5,9 mg/L), *C. tropis* dan *C. albicans* (MIC 23,4 mg/mL), sedangkan amfoterisin B menunjukkan aktivitas sedang (MIC 0,1-0,2 mg/mL) (Nascimento dkk., 2020).

Aktivitas yang dihasilkan kulit tanaman *Senna multijuga* berhubungan dengan kandungan senyawa fenolik dan flavonoidnya. Sejumlah besar senyawa fitokimia yang terdapat pada tumbuhan *Senna multijuga* adalah antrakuinon, flavonoid, terpenoid, minyak atsiri, antron, alkaloid, tanin, polifenol, glikosida, steroid dan saponin diisolasi dari beberapa *Senna sp.* (Bene *et al.*, 2019). Spesies yang termasuk dalam genus *Senna* terkenal karena berbagai aplikasinya dalam pengobatan tradisional dan sebagai sumber alkaloid, termasuk yang termasuk dalam kelas piperidin dan piridin, yang menunjukkan berbagai aktivitas biologis. Di Brazil, penggunaan obat spesies ini telah digunakan dalam pengobatan infeksi mata dan kulit, yang memberikan bukti potensi sifat antimikroba. Studi fitokimia telah menunjukkan adanya glikosida flavonoid dan alkaloid piridin pada spesies ini, dan fraksi Etil asetat tanaman ini menunjukkan aktivitas penghambatan asetilkolinesterase (AChE) (Francisco *et al.*, 2012).

2.2 *Botrytis cinerea*

B. cinerea merupakan patogen utama yang menginfeksi beragam tanaman hortikultura dengan beragam inang di daerah beriklim sedang, baik di lapangan maupun selama proses penyimpanan pascapanen. *Botrytis cinerea* adalah jamur yang bertanggung jawab atas penyakit jamu abu-abu pada beberapa tanaman buah, salah satunya stroberi. Jamur ini umumnya terjadi pada buah-buahan yang berdaging lunak, sayuran dan tanaman hias. *Botrytis cinerea* mampu menginfeksi berbagai organisme inang termasuk daun, batang dan buah dari tanaman yang terinfeksi sebagai nekrotrof. *Botrytis cinerea* dapat ditemukan sebagai saprofit

pada tanaman lain yang mengalami gangguan kekebalan atau mati (Atalay *et al.*, 2024). Jamur *Botrytis cinerea* disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Jamur *Botrytis cinerea*
Sumber: Atalay *et al.* (2024)

Taksonomi jamur abu-abu (*Botrytis cinerea*) menurut Cheung *et al.*, (2020).

Kingdom	: Fungi
Divisi	: Ascomycota
Kelas	: Leotiomycetes
Ordo	: Helotiales
Famili	: Sclerotiniaceae
Genus	: <i>Botrytis</i>
Spesies	: <i>Botrytis cinerea</i>

Botrytis cinerea merupakan jenis jamur famili *Sclerotiniaceae*, dengan kelas *Leotiomycetes*. Jamur ini adalah salah satu patogen tanaman yang menyebabkan kerugian panen baik sebelum atau sesudah panen. *Botrytis cinerea* menyerupai *Sclerotiniaceae sclerotiorum* yaitu patogen agresif yang menyebabkan penyakit jamur putih pada berbagai spesies tanaman. Infeksi *Botrytis cinerea* dimulai oleh konidia oval berukuran $50-70 \mu\text{m}^3$ yang menempel dan berkecambah pada permukaan tanaman. Jamur ini dapat memasuki inang melalui stomata atau langsung menembus lapisan dalam. Fase awal ditandai dengan pembentukan fokus infeksi tanpa penyebaran dan fase akhir ditandai dengan produksi biomassa jamur yang melimpah (Bi *et al.*, 2022).

2.3 Metode Ekstraksi

2.3.1 Ekstraksi

Ekstraksi merupakan pengambilan kandungan kimia yang dapat larut dalam pelarut tertentu sehingga terpisah dari bahan yang tidak dapat larut. Simplisia yang telah mengalami proses difraksi mengandung berbagai senyawa, baik yang dapat larut maupun yang tidak dapat larut, seperti serat, karbohidrat, protein, dan senyawa lainnya. Senyawa-senyawa aktif yang ditemukan dalam simplisia sering kali termasuk ke dalam golongan minyak atsiri, alkaloid, flavonoid, dan berbagai golongan lainnya. Pengetahuan tentang senyawa aktif yang terkandung dalam simplisia menjadi sangat penting, karena hal ini dapat mempermudah dalam menentukan jenis pelarut serta metode ekstraksi yang paling sesuai untuk mendapatkan hasil yang optimal (Tiwari *et al.*, 2011).

Dalam dunia fitokimia, terdapat beragam metode ekstraksi yang dapat mempengaruhi kualitas serta kandungan metabolit sekunder dalam ekstrak yang dihasilkan. Faktor-faktor seperti jenis metode ekstraksi, durasi, suhu, konsentrasi pelarut, serta polaritas pelarut merupakan variabel penting yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan ekstrak dengan kualitas terbaik (Tiwari *et al.*, 2011).

Beberapa metode ekstraksi yang umum digunakan mencakup maserasi, infus, destruksi, dekoksi, perkolasi, dan soxhlet. Selain itu, terdapat juga metode ekstraksi alkohol berair yang difermentasi, ekstraksi arus balik, sonikasi atau ekstraksi ultrasonik, hingga ekstraksi cairan super kritis, yang masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan tergantung pada jenis simplisia dan senyawa yang diinginkan (Hastari, 2012).

Maserasi merupakan tahap pengekstrakan simplisia memakai pelarut menggunakan beberapa kali pengocokan, pengadukan atau pencampuran dalam suhu kamar. Keuntungan dalam ekstraksi menggunakan cara maserasi merupakan pengerjaan dan alat-alat yang dipakai sederhana, sedangkan kerugiannya yaitu dari cara pengerjaannya atau prosesnya yang lama karena membutuhkan pelarut yang cukup besar atau banyak dan penyaringan kurang sempurna. Dalam maserasi

ekstrak cairan, bubuk halus atau kasar dari tanaman obat yang berhubungan dengan menggunakan pelarut disimpan pada wadah tertutup untuk periode eksklusif menggunakan pengadukan yang sering, hingga zat eksklusif dapat terlarut. Metode ini paling cocok dipakai untuk senyawa yang termolabil (Tiwari *et al.*, 2011).

Fraksinasi adalah metode pemisahan campuran menjadi beberapa fraksi yang berbeda berdasarkan sifat fisik dan kimia senyawa yang ada di dalamnya. Prinsip dasar fraksinasi adalah pemisahan senyawa berdasarkan tingkat kepolaran dan perbedaan bobot jenis antara dua fraksi. Proses ini sering dilakukan dengan menggunakan pelarut yang saling tidak tercampur, sehingga senyawa dengan kepolaran yang sama dapat larut dalam pelarut yang sesuai. Fraksinasi Cair-Cair : Dalam metode ini, campuran diekstraksi dengan dua pelarut yang berbeda kepolarannya. Misalnya, air (polar) dan n-heksan (nonpolar) senyawa polar akan larut dalam air, sementara senyawa nonpolar akan larut dalam n-heksan. Pelarut yang digunakan dipilih berdasarkan sifat senyawa yang ingin diekstrak. Contohnya, etanol digunakan untuk mengekstrak senyawa polar, sedangkan etil asetat dapat digunakan untuk senyawa semi-polar (Pratiwi dkk., 2016).

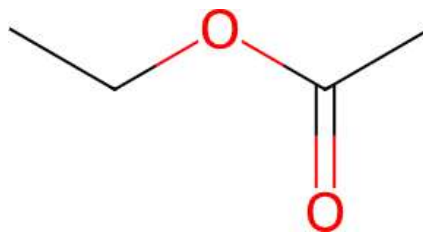
2.3.2 Pelarut

Pelarut adalah zat cair yang memiliki kemampuan untuk melarutkan zat lain, terutama yang berbentuk padatan, tanpa menyebabkan perubahan kimia pada zat-zat tersebut. Ketika suatu zat padat larut dalam pelarut, molekul-molekul dari zat tersebut tersebar di antara molekul-molekul pelarut, membentuk suatu campuran homogen yang dikenal sebagai larutan. Proses pelarutan ini terjadi karena adanya gaya tarik menarik antar molekul, di mana molekul-molekul pelarut dan zat terlarut saling berinteraksi dan terikat melalui gaya antar molekul. Gaya tarik ini memainkan peran penting dalam pembentukan larutan dan kestabilan zat di dalamnya.

Dalam dunia kimia, pelarut diklasifikasikan berdasarkan sifat kepolaran mereka, yang mempengaruhi kemampuan mereka untuk melarutkan berbagai jenis zat.

Ada tiga jenis utama pelarut berdasarkan kepolarannya: pelarut polar, semi-polar, dan non-polar. Pelarut polar, seperti air, cenderung melarutkan zat-zat yang juga bersifat polar, sementara pelarut non-polar, seperti minyak, lebih efektif melarutkan zat-zat non-polar. Pelarut semi-polar berada di antara kedua ekstrem ini, mampu melarutkan zat dengan kepolaran sedang. Pemahaman tentang jenis-jenis pelarut ini sangat penting dalam berbagai aplikasi ilmiah dan industri, terutama dalam proses ekstraksi dan pemisahan zat.

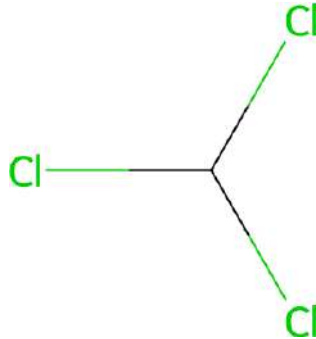
Etil asetat merupakan pelarut yang bersifat semi polar sehingga dapat menarik senyawa yang bersifat polar maupun nonpolar, memiliki toksisitas rendah, dan mudah diuapkan (Wardhani dan Sulistyani, 2012). Etil asetat adalah jenis ester yang paling banyak ditemui pada golongannya. Etil asetat dapat diperoleh melalui reaksi esterifikasi dengan mereaksikan etanol dengan asam asetat menggunakan katalis untuk mempercepat reaksi pembentukan ester. Etil asetat diketahui memiliki banyak kegunaan serta target pasar yang cukup luas, seperti pemberi aroma dan rasa buah pada industri makanan dan parfum, industri cat dan tinta, plastik, PVC, dan lain sebagainya (Mailani dan Pratiwi, 2021). Adapun fungsi etil asetat dalam penggunaan ekstraksi yaitu karena etil setat memiliki pelarut toksisitas rendah yang bersifat semi polar sehingga dapat menarik senyawa yang besifat polar maupun non polar (Putri dkk., 2013). Struktur kimia senyawa etil asetat disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur formula etil asetat
Sumber : Chemspider

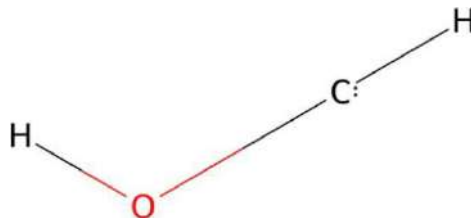
Kloroform atau yang dikenal sebagai triklorometana adalah senyawa yang tidak berwarna, berbentuk cairan, beraroma manis, dengan rumus CHCl_3 /Kloroform atau triklorometana. Senyawa ini sering digunakan dalam berbagai proses industri termasuk sebagai pelarut. Menurut Nafisah dkk. (2014), pelarut kloroform dapat

menarik senyawa fenolik dan steroid. Struktur kimia senyawa kloroform disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur formula Kloroform
Sumber: Chemspider

Metanol merupakan pelarut yang dapat melarutkan beberapa kandungan metabolit sekunder seperti alkaloid, terpenoid, tannin, flavonoid, dan polifenol. Metanol merupakan senyawa polar. Selain itu, metanol dapat menghambat reaksi oksidasi polifenol yang dapat menyebabkan oksidasi fenolat dan memudahkan saat penguapan ketika dievaporasi menggunakan rotary evaporator. Struktur kimia senyawa metanol disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur formula methanol
Sumber : Chemspider

2.4 Kolom Kromatografi

Kromatografi adalah proses pemisahan yang tergantung pada perbedaan distribusi campuran komponen antara fase gerak dan fase diam. Fase diam dapat berupa pembentukan kolom dimana fase gerak dibiarkan untuk mengalir (kolom kromatografi) atau berupa pembentukan lapis tipis dimana fase gerak dibiarkan untuk naik berdasarkan kapilaritas (kromatografi lapis tipis). Senyawa yang

berinteraksi lemah dengan fase diam akan bergerak lebih cepat melalui sistem kromatografi. Senyawa dengan interaksi yang kuat dengan fase diam akan bergerak sangat lambat (Christian, 2016).

Solven murni atau system solven tunggal dapat digunakan untuk mengelusi semua komponen. Pada elusi gradien, kepolaran system solven ditingkatkan secara perlahan dengan meningkatkan konsentrasi solven ke yang lebih polar. Pemilihan solven elusi tergantung pada jenis adsorben yang digunakan dan kemurnian senyawa yang dipisahkan. Solven harus mempunyai kemurnian yang tinggi karena keberadaan seperti air, alcohol, atau asam pada solvent yang kurang polar akan mengganggu aktivitas adsorben (Braithwaite, 2015). Silika gel adalah fase diam (adsorben) yang paling sering digunakan untuk pemisahan produk alam (Cannel, 2017). Banyaknya adsorben yang digunakan bergantung pada tingkat kesulitan pemisahan dari suatu senyawa dan jumlah sampel yang akan dipisahkan. Secara umum, tiap gram sampel yang dipisahkan membutuhkan adsorben 30-50 g. Jika pemisahan yang dilakukan cukup sulit, jumlah adsorben yang dibutuhkan dapat mencapai 200 g. Jumlah adsorben yang dibutuhkan lebih sedikit untuk pemisahan senyawa-senyawa yang perbedaan kepolarannya cukup besar (Kristanti dkk., 2018). Proses kolom kromatografi disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses kolom kromatografi
Sumber: Dokumen pribadi

Permukaan silika gel memiliki gugus silanol yang berperan penting dalam proses

pemisahan senyawa. Gugus silanol ini mengandung gugus hidroksil, yang dikenal sebagai pusat aktif pada silika gel. Gugus hidroksil tersebut memiliki potensi tinggi untuk membentuk ikatan hidrogen yang kuat dengan senyawa-senyawa yang akan dipisahkan, terutama dengan senyawa yang berfungsi sebagai donor hidrogen. Contoh senyawa-senyawa tersebut meliputi alkohol, fenol, amina, amida, dan asam karboksilat (Palleros, 2014). Oleh karena itu, semakin kuat kemampuan suatu senyawa untuk membentuk ikatan hidrogen, semakin kuat pula senyawa tersebut tertahan pada silika gel selama proses pemisahan.

Kekuatan ikatan antara senyawa dengan silika gel sangat bergantung pada polaritas fase gerak yang digunakan. Solven dengan kemampuan ikatan hidrogen yang kuat cenderung lebih efektif dalam mengelusi senyawa polar yang teradsorpsi pada kolom silika gel. Hal ini berarti bahwa pemilihan solven atau eluen yang tepat sangat penting untuk memastikan keberhasilan proses pemisahan. Seperti yang dinyatakan oleh Cannel (2017), eluen dengan kemampuan ikatan hidrogen yang baik akan lebih efektif dalam melepaskan senyawa polar dari kolom silika gel. Adapun pengisian adsorben dalam kolom dapat dilakukan dengan dua metode utama, tergantung pada kebutuhan dan tujuan dari proses pemisahan tersebut.

1. **Pengisian cara basah**

Pengisian kolom dengan metode basah dilakukan dengan mencampurkan adsorben dengan eluen yang akan digunakan dalam proses elusi. Campuran ini harus dibuat dengan kekentalan tertentu sehingga dapat dengan mudah dituangkan ke dalam kolom. Proses pencampuran dilakukan secara bertahap, di mana adsorben ditambahkan ke pelarut sedikit demi sedikit untuk menghindari terbentuknya gumpalan di dalam campuran. Setelah campuran mencapai kekentalan yang diinginkan, campuran tersebut dimasukkan ke dalam kolom menggunakan corong. Selama proses ini, dinding kolom diketuk secara perlahan untuk memastikan lapisan adsorben terbentuk secara merata, mampat, dan bebas dari gelembung udara yang dapat mengganggu proses elusi.

Setelah campuran adsorben berhasil dimasukkan, kran di bagian bawah kolom dibuka untuk mengeluarkan pelarut berlebih. Proses ini diulang hingga semua adsorben yang dibutuhkan untuk elusi masuk ke dalam kolom. Langkah selanjutnya adalah menunggu hingga cairan yang berada di atas lapisan adsorben menjadi jernih, yang menandakan bahwa adsorben telah tersusun dengan baik dan siap untuk digunakan dalam proses elusi lebih lanjut. Proses ini penting untuk memastikan bahwa elusi berjalan dengan optimal, tanpa gangguan dari gumpalan atau gelembung udara yang dapat mempengaruhi aliran eluen melalui kolom (Kristanti dkk., 2018).

2. Pengisian cara kering

Eluen yang akan digunakan untuk proses elusi diisi ke dalam kolom hingga mencapai $2/3$ dari kapasitas kolom tersebut. Adsorben yang telah dipilih kemudian ditambahkan ke dalam kolom secara perlahan. Sambil memasukkan adsorben, dinding kolom diketuk-ketuk perlahan untuk memastikan adsorben masuk dengan rata tanpa ada yang menggumpal. Setelah itu, kran pada bagian bawah kolom dibuka untuk mengalirkan semua pelarut keluar, sehingga adsorben dapat masuk sepenuhnya ke dalam kolom.

Setelah adsorben terdistribusi merata dalam kolom, kolom dibiarkan beberapa saat hingga cairan di atas adsorben menjadi jernih. Ini menunjukkan bahwa adsorben telah tersusun dengan baik dan siap untuk digunakan dalam proses selanjutnya.

Penting untuk selalu menjaga agar jumlah eluen atau pelarut tetap berada di atas permukaan adsorben selama proses berlangsung, agar proses elusi dapat berjalan dengan efektif (Kristanti dkk., 2018). Semua Fraksi hasil pemisahan kromatografi kolom selanjutnya dianalisis menggunakan kromatografi lapis tipis untuk melihat noda dengan Rf yang sama. Fraksi-fraksi dengan noda yang sama pada kromatografi lapis tipis digabung dan diuapkan pelarutnya (Saleh, 2017).

2.5 *In silico*

In silico merupakan salah satu metode bioinformatika yang digunakan secara luas

dalam studi penemuan dan pengembangan obat berbasis senyawa alami atau sintesis. *In silico* bertujuan memprediksi aktivitas biologis suatu senyawa, termasuk interaksinya dengan target protein spesifik. Metode ini memungkinkan untuk melakukan penyaringan awal kandidat senyawa secara efisien dan hemat biaya sebelum dilakukan uji lanjut (Jantan *et al.*, 2018). Salah satu teknik utama dalam uji *In silico* adalah *molecular docking*.

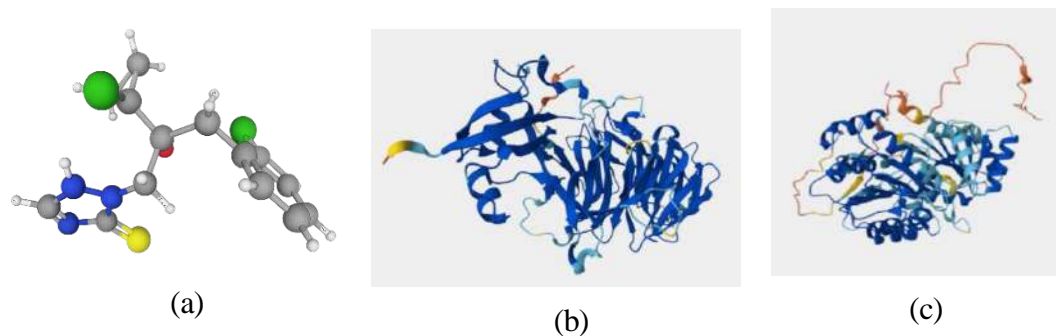
Molecular docking merupakan simulasi interaksi antara molekul kecil (ligan) dan makromolekul target (protein). Prinsip kerja *molecular docking* terletak pada prediksi orientasi terbaik ligan saat berikatan dengan situs aktif protein serta perhitungan energi ikatan atau *binding affinity* (Morris *et al.*, 2009). Nilai *binding affinity* yang dihasilkan lebih negatif, maka menunjukkan potensi interaksi yang lebih kuat dan stabil. Hasil *molecular docking* ini juga memberikan informasi mengenai jenis interaksi, seperti ikatan hidrogen dan interaksi elektrostatik yang berperan terhadap aktivitas biologis pada senyawa yang digunakan.

Penggunaan teknik *molecular docking* memerlukan data struktur 3D dari ligan dan protein target. Struktur ligan diperoleh melalui basis data kimia seperti PubChem, sedangkan struktur target protein diperoleh melalui database *Protein Data Bank* (PDB) atau *UniProt* dan dapat diprediksi menggunakan perangkat lunak seperti *AlphaFold* dan *Swiss-Model* (Kim *et al.*, 2023). Prediksi target biologis suatu senyawa berdasarkan struktur kimianya dapat dilakukan dengan bantuan perangkat seperti, *SuperPred* maupun *SwissTargetProtein*. Keunggulan utama *In silico* terletak pada kemampuannya menganalisis berbagai senyawa secara paralel melalui proses *virtual screening*. Penggunaan *molecular docking*, basis data kimia dan prediksi target biologis memungkinkan proses penemuan agen antimikroba berlangsung secara efisien dan berkelanjutan.

2.5.1 Ligan dan Protein Target

Ligan atau senyawa aktif merupakan komponen penting dalam penggunaan *molecular docking*. Ligan berfungsi sebagai molekul kecil yang berinteraksi dengan target protein untuk membentuk kompleks stabil melalui ikatan non-

kovalen seperti ikatan hidrogen, interaksi hidrofobik, dan gaya *van der waals*. Pemanfaatan *In silico* dengan *moleculer docking* menjadi pendekatan awal yang efisien untuk menyaring berbagai senyawa aktif sebelum dilakukan pengujian laboratorium lebih lanjut. Validasi struktur ligan dilakukan menggunakan basis data dari *PubChem* sebelum dilakukan proses *docking*. Struktur ligan dan protein yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Ligan dan Protein target. a). Struktur 3D Phrotioconazole, b). struktur protein biogenesis ribosom, c). Struktur ATP dependent RNA helicase
Sumber: *Pubchem* (2025) dan *UniProt* (2025)

Phrotioconazole merupakan senyawa kontrol fungisida komersial yang termasuk golongan triazolinthion dan kelompok DMI (*Demethylation inhibitors*). Phrotioconazole pada penelitian ini digunakan sebagai ligan dalam simulasi *moleculer docking* terhadap protein target yaitu biogenesis ribosom gen *ytm1* dan ATP-dependent RNA helicase gen *dbp5* yang diidentifikasi pada *Botrytis cinerea*. ATP- dependent RNA helicase merupakan enzim penting yang berperan dalam berbagai proses metabolisme RNA seperti replikasi, transkripsi, translasi, hingga degradasi RNA. Pada *Botrytis cinerea*, enzim ini berperan sebagai pertumbuhan dan patogenisitas jamur. Protein ini bekerja dengan memanfaatkan ATP untuk membuka struktur heliks RNA, RNA helicase dapat berperan dalam tahap akhir ekspor mRNA melalui penghilangan protein yang menyertai mRNA melalui kompleks *nuklepore*. RNA helicase juga dapat berperan dalam transkripsi awal berdasarkan kesamaan (UniProt, 2025). Berdasarkan data *UniProt* (A6SBT4), protein ini tersusun atas 470 asam amino dan termasuk dalam klasifikasi enzim EC:3.6.4.13 dengan aktivitas katalik $ATP + H_2O = ADP + \text{fosfat} + H$.

Biogenesis ribosom gen Ytm1 yang diidentifikasi pada *Botrytis cinerea* juga berperan dalam pertumbuhan dan patogenisitas jamur. NOP7 yang membentuk kompleks dengan protein Ytm1 berfungsi untuk pemrosesan dan pematangan rRNA 25S dan 5.8S, kemudian berkontribusi terhadap pembentukan subunit besar ribosom (60S) pada sel eukariot (UniProt, 2025). Kompleks NOP7 merupakan kompleks protein yang berperan dalam biogenesis subunit besar ribosom (60S). Kompleks ini tersusun atas tiga komponen utama yaitu Erb1, Nop7 dan Ytm1. Kompleks ini disatukan oleh Erb1, yang berinteraksi dengan Nop7 melalui domain N- terminalnya dan Ytm1 melalui interkasi afinitas tinggi antara domain beta- propeller tujuh bilah dari kedua protein tersebut. Berdasarkan data *UniProt* (A6S0T8) protein gen Ytm1 tersusun atas 478 asam amino.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Mutu Hasil Pertanian dan Laboratorium bioteknologi, Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan Laboratorium Primkoppol Puslabfor Polri (Primer Koperasi Kepolisian Pusat Laboratorium Forensik Kepolisian Negara Republik Indonesia) Jawa Barat pada bulan April 2026 - Mei 2026.

3.2. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kulit tanaman hujan emas, alkohol 96%, alkohol 70%, metanol (MeOH), heksan, aluminium foil, etil asetat, heksan, kloroform, akuades, aseton, silika gel 100g (0,2 - 0,5 mm), media PDA, dan isolat jamur *Botrytis cinerea*.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu kertas saring, hotplate, timbangan analitik, vacuum rotary evaporator, cawan petri, sonicator, inkubator, autoklaf, beaker glass, erlenmayer (pyrex), spatula, dan gelas ukur.

3.3 Metode Penelitian

Metode pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan analisis secara deskriptif meliputi hasil ekstraksi terbaik diuji dengan kolom kromatografi, hasil kolom kromatografi dipilih fraksi terbaiknya dan dilanjutkan dengan uji LC-MS. Data yang diperoleh dilakukan pengujian *In silico* dan ditampilkan dalam bentuk gambar dan tabel.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Preparasi Sampel

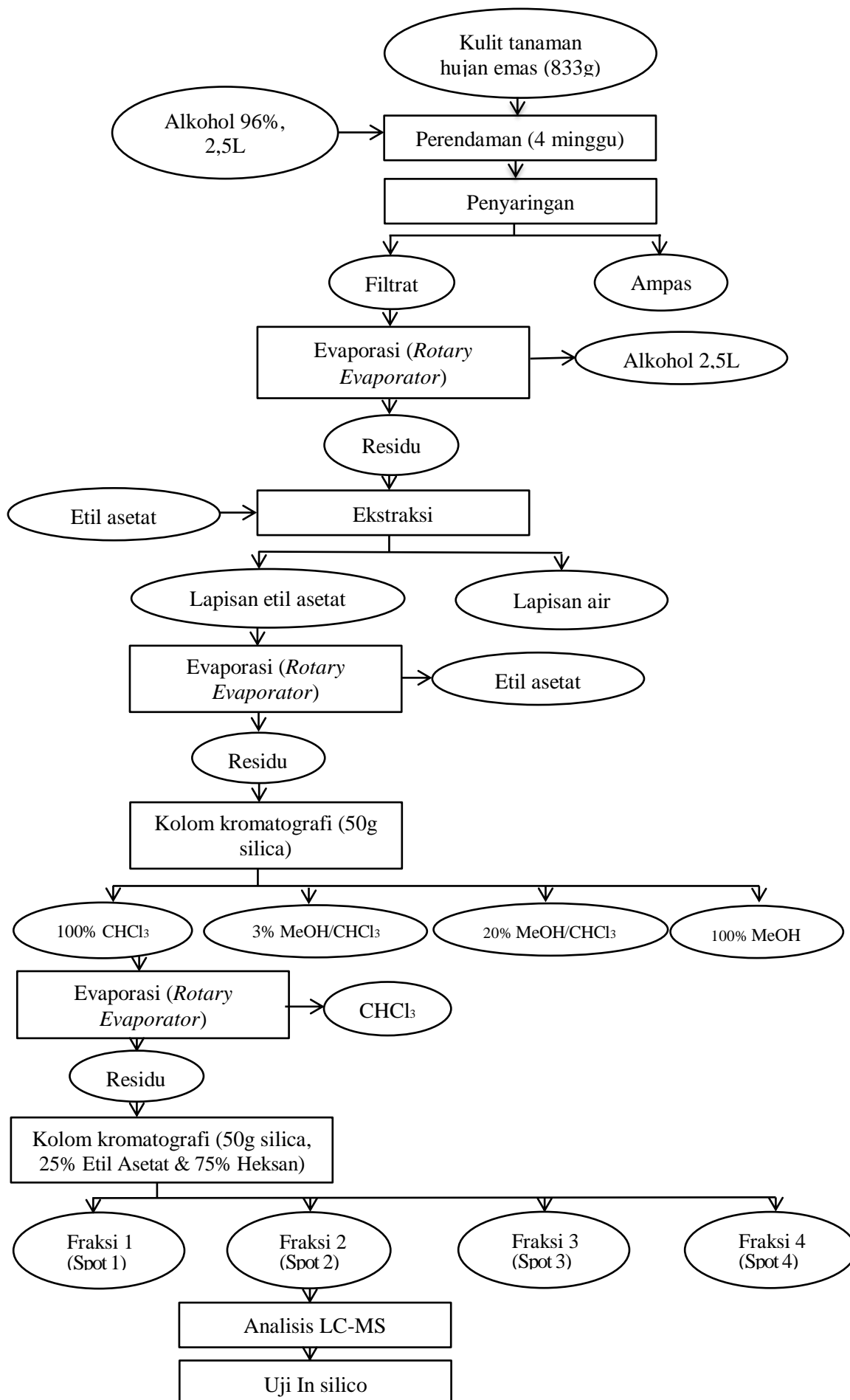
Kultur jamur *Botrytis cinerea* diperoleh dari koleksi Laboratorium Bioteknologi Jurusan Proteksi Tanaman. Sampel kulit kayu hujan emas (*Senna multijuga*) diperoleh dari PT. Sampoerna Agro Tbk. Langkah pertama yaitu kulit tanaman hujan emas yang diperoleh dikuliti hingga diperoleh kulit kayu dan kulit kayu hujan emas. Kulit tanaman hujan emas dipotong kecil-kecil, dikeringkan kemudian ditimbang sehingga diperoleh 833 g.

3.4.2 Fraksinasi Kulit Hujan Emas

Sebanyak 833 g kulit tanaman hujan emas dilakukan perendaman selama 4 minggu dalam alkohol 96% 2,5 L. Selanjutnya dilakukan penyaringan untuk memisahkan filtrat dengan ampas kulit tanaman hujan emas. Filtrat yang diperoleh dievaporasi dengan rotary evaporator hingga diperoleh konsentrat. Konsentrat diekstraksi dengan etil asetat dan air dan dipisahkan lapisan etil asetat dan lapisan air. Lapisan etil asetat selanjutnya di evaporasi dengan rotary evaporator dan diperoleh residu. Residu di kolom kromatografi dengan silika gel 50 g. Hasil kolom kromatografi terdiri dari beberapa eluen yaitu 100 % CHCl_3 , 3% MeOH/ CHCl_3 , dan 100 % MeOH kemudian di lakukan uji aktivitas senyawa terhadap jamur *Botrytis cinerea*.

Fraksi dengan eluen 100% CHCl_3 merupakan senyawa dengan daya hambat yang paling kuat terhadap jamur *Botrytis cinerea*, fraksi kemudian di evaporasi. Residu yang dihasilkan selanjutnya di kolom kromatografi dengan silico 25 g dalam 25% etil asetat/heksan. Kolom kromatografi akan di gabung berdasarkan spot yang dihasilkan menghasilkan Fraksi 1, Fraksi 2, Fraksi 3, dan Fraksi 4.

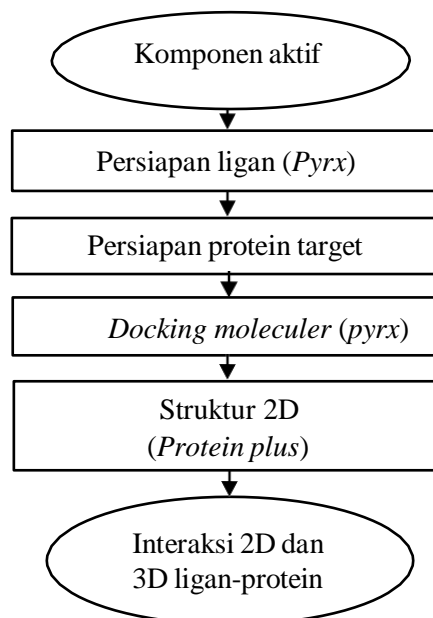
Sampel fraksi terbaik akan diuji daya hambat nya dengan menggunakan analisis LC-MS dan dilanjutkan dengan analisis secara *In silico*. Proses pembuatan fraksi kulit tanaman hujan mas dapat disajikan pada diagram alir Gambar 8.



Gambar 8. Diagram alir pembuatan ekstraksi senyawa *Senna multijuga*

3.4.3 Uji *In silico*

Komponen aktif *Senna multijuga* dilakukan pengujian *In silico* untuk simulasi interaksi antara senyawa aktif dan protein target sebagai antijamur terhadap *Botrytis cinerea*. Uji *In silico* dilakukan dengan beberapa tahap, pertama dilakukan persiapan ligan (senyawa aktif), struktur 3D senyawa aktif dari hasil LC-MS diunduh dari database *PubChem* dalam bentuk .sdf kemudian dikonversi menjadi .pdb menggunakan OpenBabel (*Pyrx*). Persiapan protein target, struktur 3D protein *Botrytis cinerea* diunduh dari *UniProt*. Preparasi protein dilakukan dengan menghilangkan molekul air menggunakan Autodock Tools (*pymol*). Selanjutnya, *docking molecular* dilakukan menggunakan Autodock Vina (*pyrx*) yang berfungsi untuk mengevaluasi afinitas ikatan (*binding affinity*) antara ligan dan protein target. Hasil *docking* dilanjutkan dengan memvisualisasikan 3D dan 2D interaksi residu asam amino pada kompleks ligan dan protein menggunakan *Protein plus* (Istiadi dkk., 2023). Proses pengujian *In silico* komponen aktif *Senna multijuga* sebagai antijamur *Botrytis cinerea* disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram alir uji *In silico*

Sumber: Istiadi dkk (2023) yang dimodifikasi

3.5 Parameter Pengamatan

3.5.1 Identifikasi Komponen Aktif Kultur *Senna multijuga*

Ekstrak kultur *Senna multijuga* dianalisis menggunakan LC-MS yang menghasilkan nilai m/z , waktu retensi dan metabolit sampel. Interpretasi data LC-MS menggunakan software “*MassLynx* dilakukan melalui beberapa tahapan untuk identifikasi dan analisis senyawa yang terdapat dalam sampel. Tahapan pertama meliputi penginputan data mentah (*raw data*), visualisasi kromatogram, dan identifikasi puncak-puncak yang muncul. Selanjutnya, data spektrum massa dianalisis untuk menentukan rumus molekul dan massa molekul relatif dari masing-masing senyawa. Tahap akhir dilakukan perbandingan hasil analisis dengan basis data referensi internet untuk memperoleh identifikasi senyawa yang akurat. Database yang digunakan meliputi *PubChem*, *Chemspider* dan *MassBank* (Afliana dan Ariyanti, 2024).

3.5.2 Uji Aktivitas Antijamur *Botrytis cinerea* secara *In silico*

Pengujian *In silico* dilakukan untuk mengevaluasi potensi aktivitas biologis dan farmakokinetik dari senyawa aktif yang terkandung dalam ekstrak *Senna multijuga*. Identifikasi struktur kimia dilakukan melalui basis data *PubChem*, sebuah sumber terbuka dari *National Center for Biotechnology Information* (NCBI) yang menyediakan informasi kimia terstandarisasi termasuk ID molekul, rumus kimia, serta struktur 2D dan 3D (Kim *et al.*, 2016). Selanjutnya, struktur target protein senyawa diperoleh menggunakan *UniProt*.

Software PyRx mengintegrasikan *AutoDock Vina* yang memungkinkan pengguna untuk mengevaluasi *Binding affinity* dan posisi terbaik ligan di dalam situs aktif protein target secara efisien. Setelah proses *docking*, *PyMOL* dimanfaatkan untuk memvisualisasikan hasil interaksi antara ligan dan protein secara tiga dimensi, sehingga mempermudah analisis ikatan hidrogen, posisi orientasi ligan, serta konformasi kompleks yang terbentuk. Sementara itu, web *ProteinPlus* digunakan memvisualisasikan interaksi ligan dan protein target secara 2D.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian ini adalah terdapat senyawa aktif dari kulit hujan emas (*Senna multijuga*) yang berpotensi sebagai antijamur dari *Botrytis cinerea* secara *In silico*. Senyawa tersebut merupakan Conicasterol B dengan nilai *binding affinity* -10.7 dan -9.1 kcal/mol pada gen 4GF8 dan gen 5U6M. Nilai tersebut melebihi nilai *binding affinity* kontrol, sehingga kulit hujan emas berpotensi menjadi pengganti dan mampu bekerja sebagai penghambat pertumbuhan jamur *Botrytis cinerea*. Selain itu, senyawa N-[2-[4-[2-[4-[3-(2-chlorophenothiazin-10-yl)propyl]piperazin-1-yl]ethoxy]phenyl]ethyl]propan-2-amine juga memiliki potensi yang sama karena meraih nilai *binding affinity* terbesar hingga -10.7 kcal/mol pada gen 1JXA.

5.2. Saran

Saran yang di berikan pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Uji lanjutan terhadap fraksi aktif sebaiknya dilakukan secara *in vitro*, *in vivo* atau semi *in vivo* (misalnya pada bibit strawberry yang terinfeksi *Botrytis cinerea* untuk menilai efektivitas dan keamanan senyawa dalam kondisi lingkungan nyata.
2. Perlu dilakukan studi toksisitas dan uji selektivitas terhadap organisme non-target agar dapat menjamin bahwa senyawa aktif dari *Senna multijuga* aman digunakan sebagai alternatif fungisida nabati.

DAFTAR PUSTAKA

- Atalay, V. E., Yilmaz, B., and Uras, M. E. 2024. *In silico determination of the antifungal effect of plant active molecules against Botrytis cinerea by molecular docking*. Journal of Agricultural Sciences. 34(2): 323-334
- Bene, K., Sinan, K.I., Zengin, G., Diuzheva, A., Jeko, J., Cziaky, Z., Aumeeruddy, M.Z., Xiao, J., and Mahomoodally, M.F., 2019. *A Multidirectional Investigation of Stem Bark Xtracts of Four African Plants: HPLC-MS/MS Profiling and Biological Potentials*. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 168: 217–224.
- Bi, K., Liang, Y., M, T., and Sharon, A. 2023. *Killing softly: a roadmap of Botrytis cinerea pathogenicity*. Trends in Plant Science. 28(2): 211-222.
- Braithwaite, A and Smith, F, J. 2015. *Chromatographic Methodes*. Kluwer academic publisher. London. Hal 64.
- Cannel, R. J. P. 2017. *Natural product isolation*. Humana Press, totowa. Hal 87.
- Carvalho, P. E. R. D. 2004. *Taxonomia e Nomenclatura Pau-Cigarra-Senna multijuga*. Embrapa. ISSN 11517-5278: 2-5.
- Cheung, N., Tian, L., Liu, X., and Li, X. 2020. *The destructive fungal pathogen Botrytis cinerea insights from genes studied with mutant analysis*. Pathogens. 9(11): 1-46.
- Christian, G. D. 2016. *Analytical Chemistry*. Fifty edition. University of Washington. John and wily sons, USA. Hal 55.
- Francisco, W., Pivatto, M., Danuello, A., Regasini, L. O., Bacvini, L, R., Young, Maria C. M., Lopes, N. P. Lopes, J. L. C. and Bolzani, V. S. 2012. *Pyridine Alkaloids From Senna multijuga As Acetylcholinesterase Inhibitors*. Journal of Natural Products. 75:408-413.
- Harborne, J. B. 1998. *Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis*. Springer Science & Business Media. 3rd edition: 135-137.
- Hastari, R. 2012. *Uji Aktivitas Antimikroba Ekstrak Pelepah dan Kulit Tanaman Pisang Ambon (Musa paradisiaca var.sapientum) terhadap*

Staphylococcus aureus. Karya Tulis Ilmiah. Universitas Diponegoro Bandung. Hal. 12-15.

- Ibrahim, M. A., dan Islam, M. S. 2014. *Anti-Diabetic Effects Of The Acetone Fraction of Senna Singueana Stem Bark in a Type 2 Diabetes Rat Model*. Journal of Ethnopharmacology.153(2) : 392-399.
- Irwin, H. S., dan Barneby, R. C. 1982. *The American Cassiinae a synoptical revision of Leguminosae tribe Cassiae subtribe Cassiinae in the new world*. Memoirs of The New York Botanical Garden. 35(part 1) :1-918.
- Jantan, I., Saputri, F. C., & Qaisar, M. N. 2018. *Bioactive phytochemicals as the potential agents for the treatment of infectious diseases: An In silico perspective*. Frontiers in Pharmacology. 9, 795.
- Kamaruzzaman, M., Islam, M. S., Mahmud, S., Polash, S. A., Sultana, R., Hasan, M. A., Wang, C., and Jiang, C. 2021. *In vitro and In silico approach of fungal growth inhibition by Trichoderma asperellum HbT6-07 derived volatile organic compounds*. Arabian Journal of Chemistry. 14(1): 1-21.
- Kristanti, A.N., Nanik, S.A, Mulayadi, T., dan Bambang, K. 2018. *Buku Ajar Fitokimia*. Surabaya Universitas Airlangga. Hal 94-96.
- Mailani, D.P., dan Pratiwi, N. 2021. *Prarancangan pabrik etil asetat dari asam asetat dan etanol dengan proses esterifikasi menggunakan katalis amberlyst-15 kapasitas 57.000 ton/tahun*. Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia. 4(2): 73-77.
- Morris, G. M., Huey, R., Lindstrom, W., Sanner, M. F., Belew, R. K., Goodsell, D. S., dan Olson, A. J. 2009. *AutoDock4 and AutoDockTools4: Automated docking with selective receptor flexibility*. Journal of Computational Chemistry, 30(16): 2785–2791. <https://doi.org/10.1002/jcc.21256>
- Nafisah, M., Tukiran, S., dan Hidayati, N., 2014. *Uji Skrining Fitokimia pada Ekstrak Heksan, Kloroform dan Metanol dari Tanaman Patikan Kebo (Euphorbiae hirtae)*. In Prosiding Seminar Nasional Kimia. Hal 279-286.
- Nascimento, M.N., Martins, M.M., Cunhac, L.C., Santos, P., Goulart, L.R., Silva, T.,Gomes Martins, C.H., de Moraes, S.A., and Pivatto, M., 2020. *Antimicrobial and cytotoxic activities of Senna and Cassia species (Fabaceae) extracts*.Industrial Crops and Products. Vol. 148. Article 112081.
- Oladeji, O. S., Adelowo, F. E., and Oluyori, A. P. 2021.*The Genus Senna (Fabaceae): A Review on its Traditional Uses, Botany, Phytochemistry, Pharmacology and Toxicology*. South African Journal of Botany. 138:1-32.

- Palleros, D. R. 2018. *Experimental Organics Chemistry*. John Wiley and Sons. New York. Hal 65.
- Pratiwi, L., Fudholi, A., Martien, R., dan Pramono, S. 2016. *Ekstrak etanol, Ekstrak etil asetat Fraksi etil asetat, dan Fraksi n-heksan Kulit Manggis (Garcinia mangostana L.) Sebagai Sumber Zat Bioaktif Penangkal Radikal Bebas*. Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research. 01:71-82.
- Putri, W.S., Warditiani, N. K., dan Larasanty, L. P. F. 2013. *Skrining fitokimia ekstrak etil asetat kulit buah manggis (Garcinia mangostana L.)*. Jurnal Farmasi Udayan. 2(4):56-60.
- Saleh, C. 2017. *Isolasi dan Penentuan Struktur Senyawa Steroid dari Akar Tumbuhan Cendana (Santalum album linn)*. Skripsi. Medan: Universitas Sumatra Utara. Hal 23-25.
- Sansores-Perazaa, P., Rosado-Valladoa, M., Brito-Loezaa, W., Mena-Rejon, G. J. and Quijano, L., 2000. *Cassine, an antimicrobial alkaloid from Senna racemosa*. Fitoterapia. 71:690-692. Nascimento dkk., 2020
- Saraswati, R. Dwi, F. dan Restuti, R. C. 2019. *Buku Pemanfaatan Daun untuk Ecoprint dalam Menunjang Pariwisata*. Departemen Geografi FMIPA Universitas Indonesia. Depok. Hal: 29-30.
- Saravanakumar, K., Lu, Z., Xia, H., Wang, M., Sun, J., Wang, S., Wang, Q., Li, Y., and Chen, J. 2018. *Triggering the biocontrol of Botrytis cinerea by Trichoderma harzianum through inhibition of pathogenicity and virulence related proteins*. Agricultural Science and Engineering. 5(2): 271-279.
- Tiwari, P., Kaur, M., and Kaur, H. 2011. *Phytochemical Screening dan Extraction; A Review*. Internationale Pharmaceutica Scientia, 1 (1):98-106.
- Trott, O., dan Olson, A. J. 2010. *AutoDock Vina: Improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization, and multithreading*. Journal of Computational Chemistry. 31(2):455-461. <https://doi.org/10.1002/jcc.21334>
- Vischetti, C., Feliziani, E., Landi, L., Bernardi, A. D., Marini, E., and Romanazzi, G. 2023. *Effectiveness of four synthetic fungicides in the control of post-harvest gray mold of strawberry and analyses of residues on fruit*. Journals Agronomy. 14(1): 2-11.
- Wardhani, L.K., dan Sulistyani, N. 2012. *Uji aktivitas antimikroba ekstrak etil asetat daun binahong (Anredera scandens L.) terhadap shigella flexneri beserta profil kromatografi lapis tipis*. Jurnal ilmiah kefarmasian. 2(1): 1-16.