

**ISOLAT JAMUR ENDOFIT YANG BERKOLONISASI  
DENGAN RANTING TUMBUHAN SAMBILOTO  
(*Andrographis paniculata*) SEBAGAI PENGHASIL  
SENYAWA ANTIBAKTERI**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains*



**Oleh:  
VAREL ANSHAR AL KHAIRI  
NIM/TM. 17036093/2017**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2021**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Isolat Jamur Endofit yang Berkolonisasi dengan Ranting  
Tumbuhan Sambiloto (*Andrographis paniculata*) sebagai  
Penghasil Senyawa Antibakteri

Nama : Varel Anshar Al Khairi

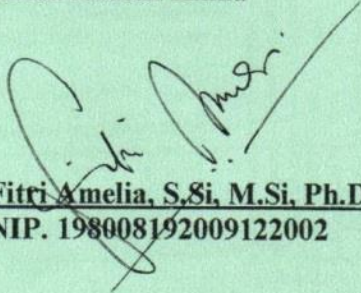
NIM : 16036093

Program Studi : Kimia

Jurusan : Kimia

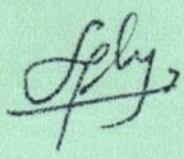
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Mengetahui:  
Ketua Jurusan Kimia

  
Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D  
NIP. 198008192009122002

Padang, November 2021

Disetujui Oleh:  
Pembimbing

  
Dra. Sri Benti Etika, M.Si  
NIP.196209131988032002



## PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

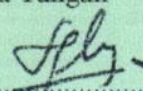
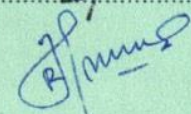
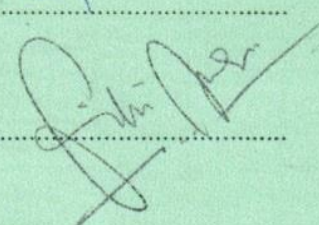
Nama : Varel Anshar Al Khairi  
NIM : 16036093  
Program Studi : Kimia  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**Isolat Jamur Endofit yang Berkolonisasi dengan Ranting Tumbuhan Sambiloto  
(*Andrographis paniculata*) sebagai Penghasil Senyawa Antibakteri**

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi  
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, November 2021

### Tim Penguji

|         | Nama                               | Tanda Tangan                                                                                   |
|---------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ketua   | : Dra. Sri Benti Etika, M.Si       | <br>..... |
| Anggota | : Dra. Iryani, M.S                 | <br>..... |
| Anggota | : Fitri Amelia, S.Si., M.Si., Ph.D | <br>..... |



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

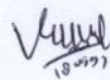
Nama : Varel Anshar Al Khairi  
TM/NIM : 2017/17036093  
Tempat/Tanggal Lahir : Pauh Kurai Taji / 18 September 1999  
Program Studi : Kimia  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : MIPA  
Alamat : Jl. Puti Bungsu, Desa Palak Aneh, Kecamatan  
Pariaman Selatan, Kota Pariaman  
No. Hp/Telepone : 082387398172  
Judul Skripsi : Isolat Jamur Endofit yang Berkolonisasi dengan  
Ranting Tumbuhan Sambiloto (*Andrographis  
paniculata*) sebagai Penghasil Senyawa Antibakteri

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, November 2021  
Yang membuat pernyataan.



Varel Anshar Al Khairi  
NIM : 17036093

**Isolat Jamur Endofit yang Berkolonisasi dengan Ranting Tumbuhan  
Sambiloto (*Andrographis paniculata*) sebagai Penghasil  
Senyawa Antibakteri**

**Varel Anshar Al Khairi**

**ABSTRAK**

Jamur endofit merupakan mikroorganisme yang hidup di dalam jaringan tumbuhan tanpa menimbulkan efek negatif terhadap tumbuhan inangnya serta mampu memproduksi metabolit sekunder yang berpotensi sebagai senyawa antibakteri. Salah satu tumbuhan yang memiliki potensi sebagai inang bagi jamur endofit adalah tumbuhan sambiloto (*A. paniculata*). Secara farmakologis, tumbuhan sambiloto (*A. paniculata*) memiliki sifat antibakteri, antiradang, antianalgesik, antimalaria dan sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi isolat jamur serta menguji aktivitas antibakteri dari hasil ekstraksi jamur endofit pada ranting tumbuhan sambiloto (*A. paniculata*). Metode yang digunakan pada pengujian aktivitas antibakteri adalah metode difusi cakram dan diujikan terhadap mikroba patogen yaitu *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Jumlah jamur endofit yang berhasil diisolasi dari ranting tumbuhan sambiloto (*A. paniculata*) sebanyak dua isolat yaitu isolat RS-1 dan RS-2. Isolat RS-1 memiliki bentuk koloni berserabut, tekstur koloni seperti kapas dan warna permukaan koloni putih melingkar. Sedangkan isolat RS-2 memiliki bentuk koloni berserabut, tekstur koloni seperti serbuk dan warna permukaan koloni hitam membulat dengan pinggiran putih. Hasil uji aktivitas antibakteri ekstrak etil asetat isolat RS-1 mampu menghambat pertumbuhan *E. coli* dan *S. aureus*. Ekstrak etil asetat isolat RS-1 memiliki daya hambat tertinggi pada konsentrasi 5% dengan rata-rata diameter zona hambat sebesar 10,33 mm terhadap *E. coli* dan 9,33 mm terhadap *S. aureus*.

Kata Kunci: Jamur Endofit, metabolit sekunder, *Andrographis paniculata*, antibakteri

**Isolate of Endophytic Fungus Colonizing with Branches of Sambiloto  
(*Andrographis paniculata*) as Producing of  
Antibacterial Compounds**

**Varel Anshar Al Khairi**

**ABSTRACT**

Endophytic fungi are microorganisms that live inside the plant tissues without causing negative effects on their host plants and are able to producing secondary metabolites that have the potential as antibacterial compounds. One of the plants that has the potential as a host for endophytic fungi is sambiloto (*A. paniculata*). Pharmacologically, sambiloto (*A. paniculata*) has antibacterial, anti-inflammatory, antianalgesic, antimalarial properties and so on. This study aims to isolated and identified fungal isolates as well as tested the antibacterial activity of endophytic fungi extracted from bitter plant sambiloto (*A. paniculata*). The method used in testing the antibacterial activity is the disc diffusion method and tested against microbial pathogens, namely *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. The number of endophytic fungi that were isolated from the branches of sambiloto (*A. paniculata*) was two isolates, namely RS-1 and RS-2 isolates. RS-1 isolate had fibrous colony shape, colony texture was like cotton and the color of the colony surface was white circular. While the RS-2 isolate had fibrous colony shape, the texture of the colonies was like powder and the surface color of the colonies was black rounded with white edges. The results of the antibacterial activity of the ethyl acetate extract of RS-1 isolate were able to inhibit the growth of *E. coli* and *S. aureus*. RS-1 isolate had the highest inhibitory power with an average inhibition zone diameter of 10.33 mm against *E. coli* and 9.33 mm against *S. aureus*.

**Keywords:** Endophytic fungus, secondary metabolites, *Andrographis paniculata*, antibacterial.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Isolat Jamur Endofitik yang Berkolonisasi dengan Ranting Tumbuhan Sambiloto (*Andrographis paniculata*) sebagai Penghasil Senyawa Antibakteri”** guna memenuhi syarat kelulusan dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Melindra Mulia, M.Si selaku Penasehat Akademik
2. Dra. Sri Benti Etika, M.Si selaku Dosen Pembimbing
3. Ibu Dra. Iryani, M.S selaku Dosen Pembahas
4. Ibu Fitri Amelia, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang dan Dosen Pembahas
5. Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Ketua Prodi Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang
6. Bapak Dr. Riga, M.Si yang telah membantu dalam penelitian
7. Orang tua penulis yang telah memberikan semangat serta dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa/i Kimia 2017 yang telah memberikan semangat dan dorongan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Untuk kesempurnaan skripsi ini, maka penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Atas masukan dan sarannya penulis ucapkan terima kasih.

Padang, November 2021

Penulis



## DAFTAR ISI

|                                                                              |      |
|------------------------------------------------------------------------------|------|
| ABSTRAK.....                                                                 | ii   |
| ABSTRACT.....                                                                | iii  |
| KATA PENGANTAR .....                                                         | iv   |
| DAFTAR ISI.....                                                              | vi   |
| DAFTAR TABEL .....                                                           | viii |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                          | ix   |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                                         | x    |
| BAB I .....                                                                  | 1    |
| PENDAHULUAN .....                                                            | 1    |
| A. Latar Belakang.....                                                       | 1    |
| B. Identifikasi Masalah.....                                                 | 3    |
| C. Batasan Masalah .....                                                     | 4    |
| D. Rumusan Masalah.....                                                      | 4    |
| E. Tujuan Penelitian .....                                                   | 4    |
| F. Manfaat Penelitian .....                                                  | 4    |
| BAB II.....                                                                  | 5    |
| TINJAUAN PUSTAKA .....                                                       | 5    |
| A. Informasi Umum tentang Jamur Endofit .....                                | 5    |
| B. Potensi Jamur Endofit dalam Menghasilkan <i>Lead Compound</i> .....       | 6    |
| C. Tinjauan Umum Tumbuhan Sambiloto ( <i>Andrographis paniculata</i> ) ..... | 8    |
| D. Senyawa Antibakteri yang diproduksi oleh Jamur Endofit .....              | 12   |
| E. Tinjauan Umum Bakteri Uji .....                                           | 16   |
| F. <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) .....                           | 19   |
| BAB III .....                                                                | 21   |
| METODE PENELITIAN.....                                                       | 21   |
| A. Waktu dan Tempat Penelitian.....                                          | 21   |
| B. Sampel Penelitian .....                                                   | 21   |

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| C. Alat dan Bahan .....                                                                          | 21 |
| D. Prosedur Penelitian .....                                                                     | 22 |
| BAB IV .....                                                                                     | 27 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN.....                                                                        | 27 |
| A. Isolasi Jamur Endofit dari Ranting Tumbuhan Sambiloto ( <i>Andrographis paniculata</i> )..... | 27 |
| B. Pengamatan secara Makroskopis dan Mikroskopis .....                                           | 29 |
| C. Optimasi Waktu Kultivasi .....                                                                | 31 |
| D. Uji Kandungan Metabolit Sekunder .....                                                        | 33 |
| E. Spektrum <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....                                       | 34 |
| F. Uji Aktivitas Antibakteri .....                                                               | 36 |
| BAB V.....                                                                                       | 40 |
| PENUTUP.....                                                                                     | 40 |
| A. Kesimpulan .....                                                                              | 40 |
| B. Saran .....                                                                                   | 40 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                                             | 41 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                         | <b>Halaman</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Tabel 1. Senyawa Bioaktif dari Jamur Endofit sebagai <i>Lead Compound</i> .....         | 7              |
| Tabel 2. Senyawa Steroid dari Jamur Endofit.....                                        | 12             |
| Tabel 3 Senyawa Alkaloid dari Jamur Endofit .....                                       | 14             |
| Tabel 4. Senyawa Terpenoid dari Jamur Endofit.....                                      | 15             |
| Tabel 5. Senyawa Fenolik dari Jamur Endofit .....                                       | 16             |
| Tabel 6. Data Bilangan Gelombang Beberapa Gugus Fungsi .....                            | 20             |
| Tabel 7. Hasil Uji Metabolit Sekunder Ekstrak Etil Asetat Isolat RS-1 .....             | 34             |
| Tabel 8. Hasil Identifikasi Spektrum FTIR Ekstrak Etil Asetat Isolat RS-1 .....         | 36             |
| Tabel 9. Hasil Pengukuran Diameter Zona Hambat Ekstrak Etil Asetat Isolat<br>RS-1 ..... | 38             |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                          | <b>Halaman</b> |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Gambar 1. Senyawa Bioaktif dari Jamur Endofit sebagai Lead Compound..... | 8              |
| Gambar 2. Morfologi Tumbuhan Sambiloto ( <i>A. paniculata</i> ) .....    | 10             |
| Gambar 3. Senyawa Steroid dari Jamur Endofit .....                       | 13             |
| Gambar 4. Senyawa Alkaloid dari Jamur Endofit .....                      | 14             |
| Gambar 5. Senyawa Terpenoid dari Jamur Endofit .....                     | 15             |
| Gambar 6. Senyawa Fenolik dari Jamur Endofit .....                       | 16             |
| Gambar 8. Pengamatan Makroskopis isolat RS-1 dan RS-2 .....              | 30             |
| Gambar 9. Pengamatan Mikroskopis isolat RS-1 dan RS-2 .....              | 30             |
| Gambar 10. Optimasi Waktu Kultivasi isolat RS-1 .....                    | 32             |
| Gambar 11. Kurva Pertumbuhan Jamur Isolat RS-1.....                      | 33             |
| Gambar 12. Spektrum FTIR isolat RS-1.....                                | 35             |
| Gambar 13. Skema Penentuan Diameter Zona Hambat .....                    | 37             |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                     | <b>Halaman</b> |
|-----------------------------------------------------|----------------|
| Lampiran 1. Pembuatan Media PDA .....               | 48             |
| Lampiran 2. Pembuatan Media Beras .....             | 48             |
| Lampiran 3. Pembuatan Media MHA .....               | 49             |
| Lampiran 4. Penyiapan Sampel Jaringan Tumbuhan..... | 49             |
| Lampiran 5. Isolasi Jamur Endofit .....             | 50             |
| Lampiran 6. Optimasi Waktu Kultivasi .....          | 50             |
| Lampiran 7. Uji Kandungan Metabolit Sekunder .....  | 51             |
| Lampiran 8. Uji Aktivitas Antibakteri .....         | 52             |
| Lampiran 9. Karakterisasi dengan FTIR.....          | 53             |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Salah satu ancaman kesehatan yang terjadi saat ini baik di Indonesia maupun di dunia yaitu resistensi bakteri terhadap antibiotik. Data *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) menyebutkan bahwa sekitar 2,8 juta orang mengalami resistensi antibiotik, 35.000 lebih diantaranya mengalami kematian setiap tahunnya (U.S. Department of Health and Human Services, 2019). Laporan menunjukkan beberapa antibiotik yang resisten terhadap *Escherichia coli* antara lain kloramfenikol, ampicilin dan trimethoprim-sulfametoxazol (Trung *et al.*, 2005) dengan persentase resistensi berkisar antara 9,3%-71,6% (Amaya *et al.*, 2011). *Staphylococcus aureus* juga dilaporkan mengalami resisten terhadap ampicilin, amoksisilin, penisilin G, tetrasiklin dan kloramfenikol (Marhamah, 2016). Berdasarkan data tersebut penggunaan antibiotik saat ini kurang efektif digunakan untuk menghambat pertumbuhan mikroba. Sehingga, permasalahan resistensi bakteri terhadap antibiotik perlu diatasi salah satunya dengan memanfaatkan senyawa bioaktif dari tumbuhan obat.

Pencarian senyawa bioaktif dapat dilakukan dengan mengisolasi ekstrak tumbuhan tersebut. Akan tetapi metode tersebut kurang efektif untuk digunakan karena membutuhkan biomassa dalam jumlah banyak dan waktu pertumbuhan yang cukup panjang. Oleh karena itu diperlukan alternatif lain untuk memperoleh senyawa bioaktif dengan memperhatikan kelestarian tumbuhan obat. Salah satu alternatif tersebut adalah dengan memanfaatkan jamur endofit yang mengandung

metabolit sekunder yang dapat digunakan sebagai senyawa antibakteri yang diisolasi dari tumbuhan obat (Ramadhani *et al.*, 2017).

Jamur endofit merupakan mikroorganisme yang hidup secara berkoloni di dalam jaringan tumbuhan tanpa menimbulkan efek negatif terhadap tumbuhan inangnya. Jamur endofit ini dapat berkolonisasi pada semua bagian tumbuhan. Kemampuan jamur endofit untuk memproduksi metabolit sekunder sama dengan inangnya menjadi peluang dalam mengatasi masalah resistensi bakteri. (Ramadhani *et al.*, 2017).

Salah satu tumbuhan yang memiliki potensi sebagai inang bagi jamur endofit adalah tumbuhan sambiloto (*A. paniculata*). Habitat asli tumbuhan ini terdapat di seluruh India Selatan dan Sri Lanka. Laporan lain menunjukkan tumbuhan ini juga terdapat di bagian utara India, Malaysia (termasuk Penang, Malaka, Pulau Pangkor, yang berada di selatan Penang dan sebagian Kalimantan), Indonesia, India Barat (termasuk Jamaika, Barbados dan Bahama) (Niranjan *et al.*, 2010).

Tumbuhan sambiloto (*A. paniculata*) mengandung metabolit sekunder diantaranya terpenoid, flavonoid dan lakton. Senyawa flavonoid ditemukan terutama pada bagian akar, tetapi pada bagian daun juga ditemukan. Pada bagian batang dan daun ditemukan senyawa alkana, keton dan aldehid (Ratnani, Hartati and Kurniasari, 2012). Selain itu, pada bagian daun juga mengandung saponin, alkaloid, flavonoid dan tanin. Secara farmakologis, sambiloto (*A. paniculata*) memiliki sifat antibakteri, antiradang, antianalgesik, antiinflamasi, antimalaria, hepatoprotektif, penawar racun, menstimulasi sistem imun, menghambat sel tumor dan sebagainya (Nugroho *et al.*, 2016).



Penelitian menunjukkan bahwa jamur endofit yang terdapat di dalam jaringan tumbuhan sambiloto (*A. paniculata*) memiliki potensi dalam menghasilkan senyawa bioaktif. Jamur endofit yang diisolasi dari tumbuhan sambiloto (*A. paniculata*) yaitu *Aspergillus* sp. yang terdapat pada bagian daun. Senyawa yang diisolasi dari isolat jamur *Aspergillus* sp. ini yaitu 1-(3,8-dihidroksi-4,6,6-trimetil-6H-benzokromen-2-iloksi)propan-2-on; 2-hidroksi-(hidroksimetil)-2H-piran-2-on dan (5-hidroksi-2-okso-2H-piran-4-il)metil asetat yang merupakan senyawa turunan benzokromen. Senyawa tersebut diujikan terhadap bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi* dan *Shigella dysenteriae* (Elfita *et al.*, 2015). Namun, sampai saat ini belum ada kajian fitokimia dan sifat antibakteri dari jamur endofit pada bagian ranting tumbuhan sambiloto (*A. paniculata*). Berdasarkan hal tersebut peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Isolat Jamur Endofitik yang Berkolonisasi dengan Ranting Tumbuhan Sambiloto (*A. paniculata*) sebagai Penghasil Senyawa Antibakteri”.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Pemakaian antibiotik yang kurang tepat menyebabkan tingginya angka resistensi bakteri terhadap antibiotik, sehingga antibiotik yang telah beredar kurang efektif digunakan sebagai obat antimikroba.
2. Pencarian senyawa antibakteri dari tumbuhan obat kurang efektif karena waktu pertumbuhan yang cukup lama, sehingga jamur endofit yang

berkolonisasi dengan tumbuhan obat tersebut dapat dijadikan sebagai alternatif.

3. Kajian fitokimia dari jamur endofit yang diisolasi dari ranting tumbuhan sambiloto (*A. paniculata*) belum pernah dilakukan.

### **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah mengisolasi dan mengidentifikasi isolat jamur serta menguji aktivitas antibakteri dari hasil ekstraksi jamur endofit pada ranting tumbuhan sambiloto (*A. paniculata*).

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah apakah hasil ekstraksi jamur endofit pada ranting tumbuhan sambiloto (*A. paniculata*) dapat digunakan sebagai senyawa antibakteri?

### **E. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengisolasi dan mengidentifikasi isolat jamur serta menguji aktivitas antibakteri dari hasil ekstraksi jamur endofit pada ranting tumbuhan sambiloto (*A. paniculata*).

### **F. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk memberikan informasi mengenai potensi jamur endofit dari ranting tumbuhan sambiloto (*Andrographis paniculata*) yang memiliki kandungan metabolit sekunder yang dapat digunakan sebagai *lead compound* antibakteri.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Informasi Umum tentang Jamur Endofit**

Salah satu mikroorganisme yang memiliki pengaruh positif bagi inangnya yaitu endofit. Istilah ini pertama kali diperkenalkan oleh de Bary (Puspita *et al.*, 2013). Endofit berasal dari kata *endon* yang artinya di dalam dan *pyton* yang artinya tanaman. Jadi, endofit dapat diartikan sebagai mikroorganisme seperti fungi atau bakteri yang hidup dalam jaringan tumbuhan tanpa merusak tumbuhan inangnya.

Jamur endofit mempunyai pengaruh positif terhadap tumbuhan inangnya. Jamur endofit memperoleh nutrisi dari tumbuhan inangnya dan tumbuhan inang mendapatkan perlindungan untuk pertahanan diri. Manfaat yang didapatkan tumbuhan inang dari jamur endofit tersebut diperoleh dari metabolit sekunder, fitohormon, nutrisi serta koloni-koloni yang terbentuk yang menguntungkan tumbuhan inang. Metabolit sekunder yang diproduksi jamur endofit dapat memberikan perlindungan dari mikroba antagonis dan predator yang menyerang tumbuhan inang. Selain itu, metabolit sekunder tersebut juga berperan dalam meningkatkan pertumbuhan inangnya. Fitohormon dan nutrisi juga dapat meningkatkan pertumbuhan inang (Hakim, 2015).

Jamur endofit dan inangnya memiliki hubungan simbiosis mutualisme. Hubungan ini saling menguntungkan antara kedua belah pihak. Jamur endofit mendapatkan nutrisi dari tumbuhan inangnya, sedangkan tumbuhan inang terlindungi dari serangan patogen dari jamur endofit yang menghasilkan senyawa metabolit. Selain itu tumbuhan inang sangat membutuhkan keberadaan jamur

endofit yang akan membantu dalam melindungi dari patogen, predator serta meningkatkan ketahanan tumbuhan inang supaya tidak mengalami kekeringan (Akmalasari *et al.*, 2013).

## **B. Potensi Jamur Endofit dalam Menghasilkan *Lead Compound***

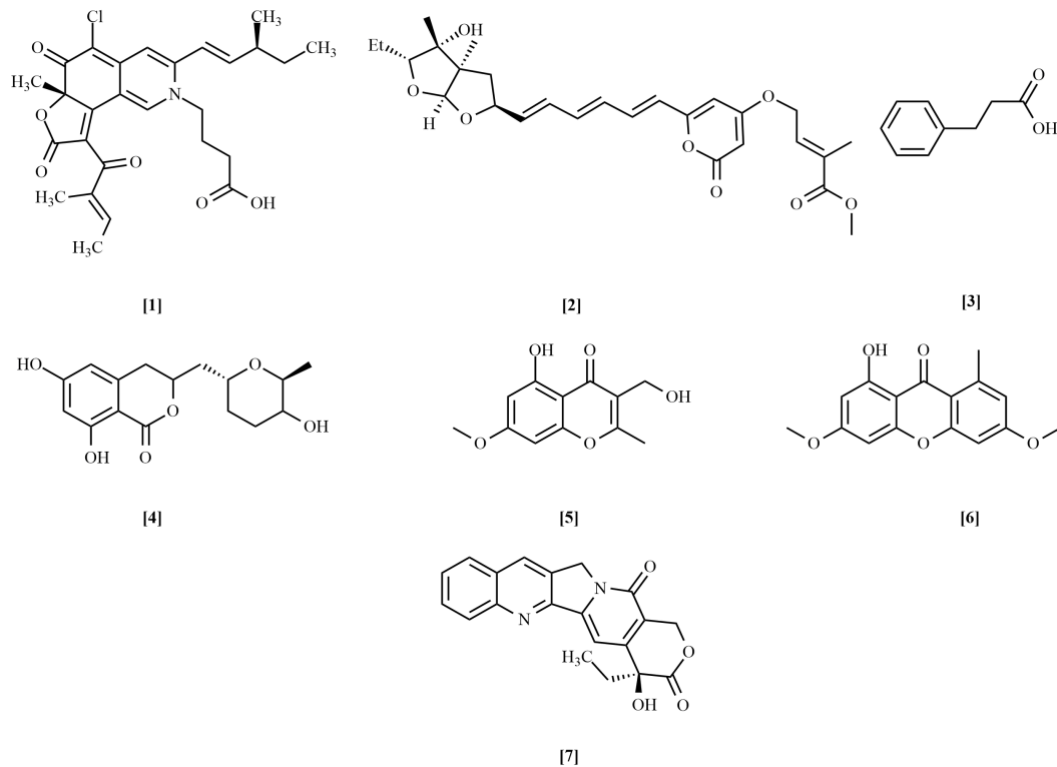
Jamur endofit memiliki potensi dalam memproduksi metabolit sekunder yang dapat digunakan sebagai sumber *lead compound* (obat-obatan). Beberapa senyawa bioaktif yang diproduksi oleh jamur endofit yang memiliki aktivitas biologis (bioaktivitas) diantaranya sebagai antibakteri, antikanker, antivirus, antioksidan, antijamur, immunosuppresan, antiparasit dan sebagainya. Salah satu senyawa bioaktif yang berperan sebagai antikanker adalah Khaetomugilida A [1] yang diisolasi dari jamur *Chaetomium globosum* yang berasal dari tumbuhan *Ginkgo biloba* yang sitotoksik terhadap sel kanker manusia HepG2. Selain itu, senyawa Asteltoksin E [2] yang diperoleh dari marine sponge turunan jamur *Aspergillus* sp. dari *Callispongia* sp. yang memiliki aktivitas antivirus terhadap H1N1. Senyawa 5'-hidroksiasperentin [3] dan asam 3-fenilpropionat [4] berhasil diisolasi dari jamur *Cladosporium cladosporioides* yang berasosiasi dengan tumbuhan *Zygophyllum mandavillei* memiliki aktivitas antijamur terhadap jamur *Aspergillus flavus*. Senyawa 5-hidroksi-3-hidroksimetil-2-metil-7-metoksikromon [5] yang berhasil diisolasi dari jamur *Trichoderma harzianum* dari bagian daun *Ficus elastica* memiliki aktivitas antijamur terhadap jamur *Candida albicans*. Senyawa liceksanton [6] berhasil diisolasi dari jamur *Trichoderma harzianum* yang berkolonisasi dengan daun tanaman *Ficus elastica* memiliki sifat antibakteri terhadap bakteri *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* dan *Staphylococcus aureus*. Senyawa Kamptotekin [7] berhasil diisolasi dari jamur *Fusarium solani*

yang berasal dari tumbuhan *Camptotheca acuminata* yang menghambat pertumbuhan sel dan menginduksi apoptosis pada sel Vero. Senyawa-senyawa yang memiliki beragam aktivitas biologis tersebut ditampilkan pada tabel 1 dan gambar 1.

Tabel 1. Senyawa Bioaktif dari Jamur Endofit sebagai *Lead Compound*

| No | Senyawa Metabolit Sekunder                             | Jamur Endofit                                         | Tumbuhan Inang                   |
|----|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1  | Khaetomugilida A [1]                                   | <i>Chaetomium globosum</i>                            | <i>Ginkgo biloba</i>             |
| 2  | Asteltoksin E [2]                                      | marine sponge turunan jamur<br><i>Aspergillus</i> sp. | spons<br><i>Callispongia</i> sp. |
| 3  | Asam 3-fenilpropionat [3]                              | <i>Cladosporium cladosporioides</i>                   | <i>Zygophyllum mandavillei</i>   |
| 4  | 5'-hidroksiasperentin [4]                              | <i>Cladosporium cladosporioides</i>                   | <i>Zygophyllum mandavillei</i>   |
| 5  | 5-hidroksi-3-hidroksimetil-2-metil-7-metoksikromon [5] | <i>Candida albicans</i>                               | <i>Ficus elastic</i>             |
| 6  | Liceksanton [6]                                        | <i>Trichoderma harzianum</i>                          | <i>Ficus elastic</i>             |
| 7  | Kamptotekin [7]                                        | <i>Fusarium solani</i>                                | <i>Camptotheca acuminata</i>     |

(Li *et al.*, 2013; Tian *et al.*, 2016; Ding *et al.*, 2019; Ran *et al.*, 2017)



Gambar 1. Senyawa Bioaktif dari Jamur Endofit sebagai Lead Compound (Li *et al.*, 2013; Tian *et al.*, 2016; Ding *et al.*, 2019; Ran *et al.*, 2017)

### C. Tinjauan Umum Tumbuhan Sambiloto (*Andrographis paniculata*)

#### 1. Tinjauan Botani Acanthaceae

##### a. Persebaran

Pada umumnya tumbuhan famili Acanthaceae memiliki habitat di daerah terbuka seperti dataran rendah hingga dataran tinggi. Tumbuhan ini juga tersebar di daerah ternaung dan daerah yang kelembabannya tinggi.

##### b. Morfologi

Menurut (Ariyanti, 2011) secara umum famili Acantaceae berupa herba, tegak atau merambat, semak atau perdu, sangat jarang berbentuk pohon. Daun bersilang berhadapan, sederhana, kadang ada juga yang berduri serta daun pelindung yang mencolok. Bunga bersifat biseksual,



tidak beraturan dan umumnya berbibir dua. Pada tabung mahkota bunga terdapat benang sari yang menempel yang berjumlah empat atau dua dan berpasangan. Bakal buah memiliki dua ruang serta terdiri dari dua atau banyak bakal biji.

#### c. Jumlah Genus

Acanthaceae merupakan famili dari tumbuh-tumbuhan yang jumlah genusnya cukup banyak yaitu sekitar 240 genus yang sebagian besarnya tersebar di daerah beriklim tropis dan beberapa tersebar di daerah beriklim sedang. Beberapa genus dari famili ini adalah *Achantus*, *Apelandra*, *Justicia*, *Ruellia* dan *Strobilanthes* (Ariyanti, 2011). Selain itu, *Andrographis* juga termasuk genus dari famili Acanthaceae.

#### d. Jumlah Spesies

Famili ini memiliki jumlah spesies lebih kurang 2500 spesies yang tersebar di daerah beriklim tropis dan daerah beriklim sedang (Ariyanti, 2011). Salah satu spesies dari pada famili Acanthaceae adalah *A. paniculata*.

### 2. Tinjauan Botani Tumbuhan Sambiloto (*Andrographis paniculata*)

#### a. Persebaran

Habitat asli tumbuhan ini yaitu di India Selatan dan Sri Lanka. Selain itu, tumbuhan *A. paniculata* juga terdapat di bagian utara India, Malaysia (termasuk Penang, Malaka, Pulau Pangkor, yang berada di selatan Penang dan sebagian Kalimantan), Indonesia, India Barat (termasuk Jamica, Barbados dan Bahama). Spesies ini juga ditemukan di Amerika, Hongkong, Thailand, Brunei dan Singapura (Niranjan *et al.*, 2010).

## b. Morfologi

Tumbuhan *A. paniculata* memiliki batang bercabang banyak, tegak, tinggi 0,5-1 m, akar tunggang. Memiliki daun berwarna hijau, berbentuk lanset, ukuran 3-7 cm x 1-2,3 cm, tidak licin dengan tepi agak bergelombang, puncak tajam dengan alas meruncing. Bunga kecil dan soliter, mahkota berwarna merah muda terang dengan rambut. Buah *A. paniculata* berbentuk seperti kapsul, linier, bujur sangkar, lancip di kedua ujungnya serta berbiji banyak (Niranjan *et al.*, 2010).



Gambar 2. Morfologi Tumbuhan Sambiloto (*A. paniculata*) (Verma *et al.*, 2019)

## a. Taksonomi

Adapun sistematika dari tumbuhan sambiloto adalah sebagai berikut:

|         |                       |
|---------|-----------------------|
| Kingdom | : Plantae             |
| Divisi  | : Angiospermae        |
| Kelas   | : Dikotyledonae       |
| Ordo    | : Personales          |
| Famili  | : Acanthaceae         |
| Genus   | : <i>Andrographis</i> |

Spesies : *Andrograpis paniculata* (Burm. f.) Wall ex. Ness.  
(Verma *et al.*, 2019).

Sambiloto memiliki beberapa nama di berbagai daerah seperti di Jawa Tengah dan Jawa Timur dinamakan bidara, sambiroto, sandiloto, sadilata, takilo, paitan dan sambiloto. Di Jawa Barat dikenal dengan nama ki oray, takila atau ki paurat. Masyarakat Bali mengenalnya dengan nama samiroto. Di Sumatera dan sebagian Melayu mengenalnya dengan nama pepaitan atau ampadu tanah. Sedangkan di berbagai negara lain dikenal seperti di Cina (*chuan xin lian*, *yi jian xi* dan *lan he lian*), India (*kalmegh*, *kirayat* dan *kirata*), Vietnam (*xuyen tam lien* dan *congcong*), Arab (*quasabhuvu*), Persia (*nainehavandi*) dan Inggris (*green chiretta* dan *king of bitter*) (Widyawati, 2007).

### 3. Pemanfaatan sebagai obat

Sambiloto merupakan tumbuhan liar yang memiliki banyak manfaat. Seperti di India, sambiloto dimanfaatkan untuk obat disentri diare, ataupun malaria. Menurut *Traditional Chinese Medicine* (TCM), sambiloto dapat digunakan untuk menurunkan panas dan membersihkan racun-racun yang tidak bermanfaat bagi tubuh (Widyawati, 2007). Secara farmakologis, sambiloto (*A. paniculata*) memiliki sifat antibakteri, antiradang, antianalgesik, antimalarial, hepatoprotektif, penawar racun, menstimulasi sistem imun, menghambat sel tumor, serta juga dimanfaatkan sebagai pengobatan penyakit hepatitis, radang paru, TBC paru, diare, kencing nanah dan tipus abdominalis (Nugroho *et al.*, 2016).

#### D. Senyawa Antibakteri yang diproduksi oleh Jamur Endofit

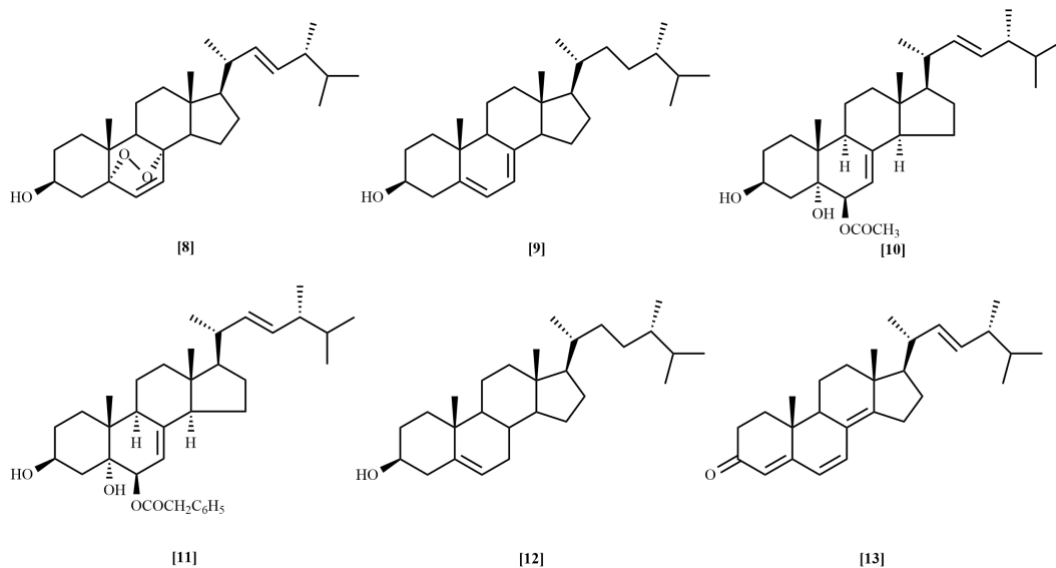
##### 1. Senyawa Turunan Steroid

Beberapa senyawa steroid yang pernah dilaporkan dari jamur *Colletotrichum* sp. yang berasosiasi dengan tumbuhan *Artemisia annua* antara lain 3 $\beta$ -hidroksi-5 $\alpha$ ,8 $\alpha$ -epidioksi-ergosta-6,22-diena [8], Ergosteol [9], 3 $\beta$ -5 $\alpha$ -dihidroksi-6 $\beta$ -asetoksi-ergosta-7,22-diena [10], 3 $\beta$ -5 $\alpha$ -dihidroksi-6 $\beta$ -fenilasetiloksi-ergosta-7,22-diena [11], 3 $\beta$ -hidroksi-ergosta-5-diena [12] dan 3-okso-ergosta-4,6,8(14),22-tetraena [13] yang ditampilkan pada tabel 2 dan gambar 3.

Tabel 2. Senyawa Steroid dari Jamur Endofit

| No | Senyawa Metabolit Sekunder                                                           | Jamur Endofit             | Tumbuhan Inang         |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------|
| 1  | 3 $\beta$ -hidroksi-5 $\alpha$ ,8 $\alpha$ -epidioksi-ergosta-6,22-diena [8]         | <i>Colletotrichum</i> sp. | <i>Artemisia annua</i> |
| 2  | Ergosterol [9]                                                                       | <i>Colletotrichum</i> sp. | <i>Artemisia annua</i> |
| 3  | 3 $\beta$ -5 $\alpha$ -dihidroksi-6 $\beta$ -asetoksi-ergosta-7,22-diena [10]        | <i>Colletotrichum</i> sp. | <i>Artemisia annua</i> |
| 4  | 3 $\beta$ -5 $\alpha$ -dihidroksi-6 $\beta$ -fenilasetiloksi-ergosta-7,22-diena [11] | <i>Colletotrichum</i> sp. | <i>Artemisia annua</i> |
| 5  | 3 $\beta$ -hidroksi-ergosta-5-ena [12]                                               | <i>Colletotrichum</i> sp. | <i>Artemisia annua</i> |
| 6  | 3-okso-ergosta-4,6,8(14),22-tetraena [13]                                            | <i>Colletotrichum</i> sp. | <i>Artemisia annua</i> |

(Lu *et al.*, 2000; Li *et al.*, 2005)



Gambar 3. Senyawa Steroid dari Jamur Endofit (Lu *et al.*, 2000; Li *et al.*, 2005)

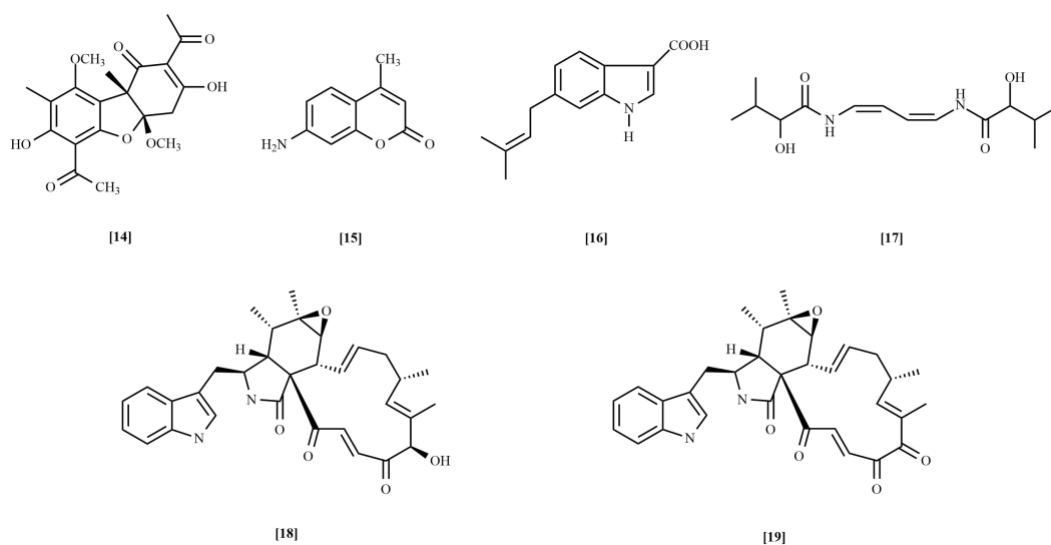
## 2. Senyawa Turunan Alkaloid

Senyawa turunan alkaloid yang diisolasi dari jamur *Phoma* sp. yang berkolonisasi dengan *Saurauia scaberrinae* adalah Phomodiona [14]. Laporan lain menunjukkan bahwa pernah diisolasi senyawa 7-amino-4-metilkumarin [15] dari jamur *Xylaria* sp. yang berkolonisasi dengan *Ginkgo biloba* L.. Laporan lain menunjukkan beberapa senyawa alkaloid yang pernah diisolasi dari jamur endofit antara lain Asam 6-isoprenilindol-3-karboksilat [16], Phomoenamida [17], Chaetoglobosin A [18], Chaetoglobosin C [19]. Lebih lanjut senyawa turunan alkaloid yang pernah diisolasi dari jamur endofit dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 4.

Tabel 3. Senyawa Alkaloid dari Jamur Endofit

| No | Senyawa Metabolit Sekunder               | Jamur Endofit              | Tumbuhan Inang              |
|----|------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1  | Phomodiona [14]                          | <i>Phoma</i> sp.           | <i>Saurauia scaberrinae</i> |
| 2  | 7-amino-4-metilkumarin [15]              | <i>Xylaria</i> sp.         | <i>Ginkgo biloba</i> L.     |
| 3  | Asam 6-isoprenilindol-3-karboksilat [16] | <i>Colletotrichum</i> sp.  | <i>Artemisia annua</i>      |
| 4  | Phomoenamida [17]                        | <i>Phomopsis</i> sp.       | <i>Garcinia dulcis</i>      |
| 5  | Chaetoglobosin A [18]                    | <i>Chaetamium globosum</i> | <i>Ginkgo biloba</i> L.     |
| 6  | Chaetoglobosin C [19]                    | <i>Chaetamium globosum</i> | <i>Ginkgo biloba</i> L.     |

(Lu *et al.*, 2000; Hoffman *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2008; Rukachaisirikul *et al.*, 2008; Qin *et al.*, 2009)



Gambar 4. Senyawa Alkaloid dari Jamur Endofit (Lu *et al.*, 2000; Hoffman *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2008; Rukachaisirikul *et al.*, 2008; Qin *et al.*, 2009)

### 3. Senyawa Turunan Terpenoid

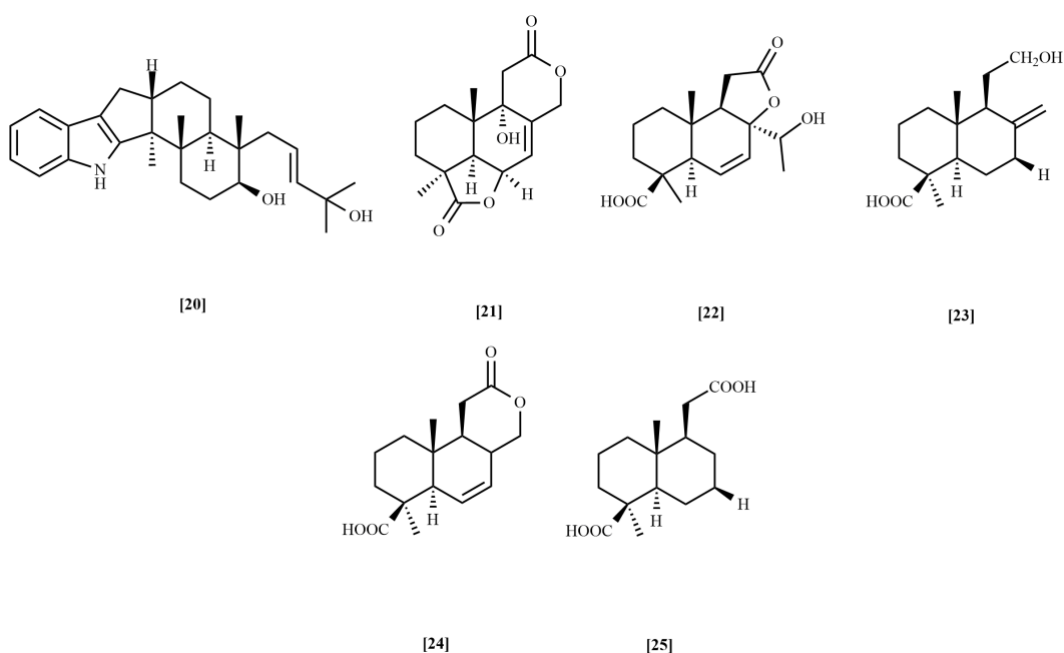
Beberapa senyawa turunan terpenoid yang pernah diisolasi dari berbagai jamur endofit antara lain asporizin C [20], botriosphaerin A [21], botriosphaerin B [22], botriosphaerin C [23], asam akrostalidat [24] dan

asam akrostalat [25]. Lebih lanjut senyawa turunan terpenoid yang pernah diisolasi dari jamur endofit dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 5.

Tabel 4. Senyawa Terpenoid dari Jamur Endofit

| No | Senyawa Metabolit Sekunder | Jamur Endofit                 | Tumbuhan Inang                 |
|----|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1  | Asporizin C [20]           | <i>Aspergillus orizae</i>     | <i>Heterosiphonia japonica</i> |
| 2  | Botriosphaerin A [21]      | <i>Botryosphaeria</i> sp. MHF | <i>Maytenus hookeri</i>        |
| 3  | Botriosphaerin B [22]      | <i>Botryosphaeria</i> sp. MHF | <i>Maytenus hookeri</i>        |
| 4  | Botriosphaerin C [23]      | <i>Botryosphaeria</i> sp. MHF | <i>Maytenus hookeri</i>        |
| 5  | Asam akrostalidat [24]     | <i>Botryosphaeria</i> sp. MHF | <i>Maytenus hookeri</i>        |
| 6  | Asam akrostalat [25]       | <i>Botryosphaeria</i> sp. MHF | <i>Maytenus hookeri</i>        |

(Yuan *et al.*, 2009; Qiao *et al.*, 2010)



Gambar 5. Senyawa Terpenoid dari Jamur Endofit (Yuan *et al.*, 2009; Qiao *et al.*, 2010)

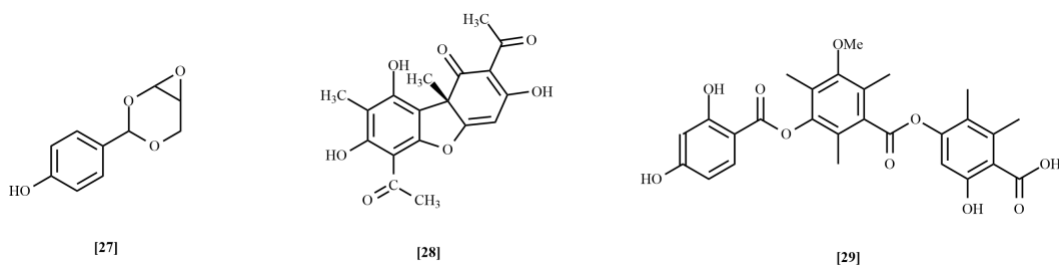
#### 4. Senyawa Turunan Fenolik

Beberapa senyawa turunan fenolik yang diisolasi dari jamur endofit antara lain 4-(2,4,7-trioksa-bisiklo[4.1.0]heptan-3-il) fenol [27], asam usnat [28] dan asam koletotrat [29].

Tabel 5. Senyawa Fenolik dari Jamur Endofit

| No | Senyawa Metabolit Sekunder                             | Jamur Endofit                         | Tumbuhan Inang                |
|----|--------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| 1  | 4-(2,4,7-trioksa-bisiklo[4.1.0]heptan-3-il) fenol [27] | <i>Pestalotiopsis mangiferae</i>      | <i>Mangifera indica</i> Linn. |
| 2  | Asam usnat [28]                                        | <i>Phoma</i> sp.                      | <i>Saurauia scaberrinae</i>   |
| 3  | Asam koletotrat [29]                                   | <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> | <i>Artemisia mongolica</i>    |

(Zou *et al.*, 2000; Hoffman *et al.*, 2008; Subban, Subramani and Johnpaula, 2013)



Gambar 6. Senyawa Fenolik dari Jamur Endofit (Zou *et al.*, 2000; Hoffman *et al.*, 2008; Subban, Subramani and Johnpaula, 2013)

## E. Tinjauan Umum Bakteri Uji

### 1. *Escherichia coli*

#### a. Sistematika *E. coli*

Adapun klasifikasi dari bakteri *E. coli* menurut *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology second edition volume four* (Krieg *et al.*, 2010) adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Monera

Divisi : Scizomycota

Kelas : Schizomycetes

Bangsa : Eubacteriales

Suku : Enterobacteriaceae

Marga : *Escherichia*

Spesies : *Escherichia coli*



b. Sifat Umum dan Morfologi *E. coli*

*E. coli* tergolong kedalam bakteri Gram negatif, fakultatif anaerob, serta anggota dari *Enterobacteriaceae* (Hamida *et al.*, 2019). Bakteri ini ditemukan pada tahun 1855 oleh Theodor Escherich, sehingga bakteri ini diberi nama sesuai nama penemunya. *E. coli* memiliki ciri-ciri morfologi seperti berbentuk batang yang panjangnya 2  $\mu\text{m}$  dan diameter 0,5  $\mu\text{m}$ . Sel *E. coli* memiliki ukuran volume diantara 0,6-0,7  $\text{m}^3$ . Pada rentangan suhu sekitar 20-40°C bakteri ini dapat melangsungkan kehidupan dengan suhu optimumnya pada 37°C (Sutiknowati, 2016).

c. Patogenitas

Bakteri ini juga dapat menyebabkan infeksi pada unggas seperti ayam, kalkun dan itik (Jamin *et al.*, 2015). Selain itu, *E. coli* juga dapat menyebabkan diare pada manusia, infeksi saluran kemih, meningitis dan septicemia (Halim *et al.*, 2017). Terdapat enam *strain* patogenik dari bakteri ini, di antaranya adalah *E. coli* *Enteropatogenik* (EPEC) patotipe pertama penyebab diare pada bayi, *E. coli* *Hemoragik* (EHEC) menyebabkan diare yang disertai pendarahan (colitis hemoragik), *E. coli* *Enterotoksigenik* (ETEC) menyebabkan diare pada usia anak-anak di negara berkembang serta menyebabkan diare pada wisatawan, *E. coli* *Enteroagregatif* (EAEC) sering ditemukan pada anak-anak dan dewasa yang menyebabkan diare di negara berkembang maupun negara maju, *E. coli* *Enteroinvasif* (EIEC) penyebab diare encer serta *E. coli* yang melekat secara difusi (DAEC) penyebab diare terutama pada anak usia > 12 bulan (Kaper *et al.*, 2004).

## 2. *Staphylococcus aureus*

### a. Sistematika *S. aureus*

Adapun klasifikasi dari bakteri *S. aureus* menurut *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology second edition volume four* (Krieg *et al.*, 2010) adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Monera

Divisi : Firmicutes

Kelas : Firmibacteria

Bangsa : Eubacteriales

Suku : *Micrococcaceae*

Marga : *Staphylococcus*

Spesies : *Staphylococcus aureus*

### b. Sifat Umum dan Morfologi *S. aureus*

*S. aureus* merupakan bakteri Gram positif dan memiliki bentuk kokus. Bentuknya menyerupai bola dengan garis tengah  $\pm 1 \mu\text{m}$  tersusun menyerupai buah anggur yang tidak teratur membentuk kelompok-kelompok, empat-empat, rantai terdiri dari 3-4 sel, ada yang berpasangan maupun satu-satu. Bakteri ini bersifat fakultatif aerob, katalase positif dan oksidase negatif. Bakteri ini dapat berkembang baik pada suhu 6,5-46°C (Dewi, 2013).

### c. Patogenitas *S. aureus*

*S. aureus* dapat menyebabkan berbagai penyakit seperti bakteremia, infeksi endokarditis serta orteoartikuler, pleropulmonari, meningitis, infeksi saluran kemih dan sebagainya (Tong *et al.*, 2015).

## **F. Fourier Transform Infra Red (FTIR)**

FTIR merupakan salah satu teknik analisis yang dapat digunakan untuk mengkarakterisasi sampel dalam bentuk cairan, larutan, pasta, bubuk, film, serat dan gas. Selain itu, juga dapat dilakukan untuk menganalisis materi pada permukaan substrat.

Prinsip kerja FTIR adalah mengenali gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah yang dihasilkan. Pola absorbansi yang dihasilkan tiap senyawa berbeda-beda, sehingga senyawa yang dianalisis dapat dibedakan dan dikuantifikasikan (Maryam *et al.*, 2019).

Pada proses karakterisasi, sampel berinteraksi dengan radiasi inframerah (IR). Radiasi IR tersebut memberikan dampak pada vibrasi atom dari molekul dalam sampel. Hal ini menyebabkan getaran molekul tersebut memberikan penyerapan yang spesifik dan/atau transmisi energi. Oleh karena itu, FTIR dapat digunakan untuk menentukan vibrasi molekul secara spesifik yang terkandung dalam suatu sampel.

Spektrum IR terdiri dari tiga daerah bilangan gelombang diantaranya:

- a. Spektrum IR jauh dengan rentangan bilangan gelombang kurang dari 400  $\text{cm}^{-1}$
- b. Spektrum IR sedang dengan rentangan bilangan gelombang dari 400-4000  $\text{cm}^{-1}$
- c. Spektrum IR dekat dengan rentangan bilangan gelombang dari 4000-13.000  $\text{cm}^{-1}$

Spektrum IR sedang yang sering digunakan untuk menganalisis sampel terbagi menjadi 4 daerah:

- a. Daerah ikatan tunggal berada pada rentangan  $2500-4000\text{ cm}^{-1}$  mengandung gugus fungsi seperti ikatan O-H, N-H dan C-H
- b. Daerah ikatan rangkap tiga berada pada rentangan  $2000-2500\text{ cm}^{-1}$  seperti ikatan  $\text{C}\equiv\text{C}$  dan  $\text{C}\equiv\text{N}$
- c. Daerah ikatan rangkap dua berada pada rentangan  $1500-2000\text{ cm}^{-1}$  seperti  $\text{C}=\text{C}$ ,  $\text{C}=\text{O}$  dan  $\text{C}=\text{N}$
- d. Daerah sidik jari berada pada rentangan  $600-1500\text{ cm}^{-1}$

Tabel 6. Data bilangan gelombang beberapa gugus fungsi

| No. | Gugus fungsi                                                       | Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) |
|-----|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1   | C-H (metil) <i>stretching</i> asimétris/simétris                   | 2970-2950/2880-2860                     |
| 2   | C-H (metil) <i>bending</i> asimétris/simétris                      | 1470-1430/1380-1370                     |
| 3   | C-H (metilen) <i>stretching</i> asimétris/simétris                 | 2935-2915/2865-2845                     |
| 4   | C-H (metilen) <i>bending</i>                                       | 1485-1445                               |
| 5   | O-CH <sub>3</sub> (metoksi) dan C-H (metil eter) <i>stretching</i> | 2850-2815                               |
| 6   | C=C (alkenil) <i>stretching</i>                                    | 1680-1620                               |
| 7   | C=C konjugasi                                                      | 1600                                    |
| 8   | C=C-C (cincin aromatik) <i>stretching</i>                          | 1615-1580<br>1510-1450                  |
| 9   | C-H (aromatik) <i>stretching</i>                                   | 3130-3070                               |
| 10  | C-F (senyawa floro aromatik) <i>stretching</i>                     | 1150-1000                               |

(Nandiyanto *et al.*, 2019)

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa hasil ekstraksi jamur endofit pada ranting tumbuhan sambiloto (*A. paniculata*) berpotensi dalam menghasilkan senyawa antibakteri dengan aktivitas antibakteri dari ekstrak etil asetat isolat RS-1 memiliki daya hambat paling kuat pada konsentrasi 5% dengan rata-rata diameter zona hambat 10,33 mm terhadap bakteri *E. coli*.

#### **B. Saran**

Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait isolasi metabolit sekunder dan terkait uji aktivitas senyawa bioaktif selain uji antibakteri dari isolat RS-1.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akmalasari, I., Purwati, E. and Dewi, R. (2013) 'Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit Tanaman Manggis (*Garcinia mangostana* L)', *Biosfera*, 30(2), pp. 82–89.
- Amaya, E. *et al.* (2011) 'Antibiotic Resistance Patterns of Intestinal *Escherichia coli* Isolates from Nicaraguan Children', *Journal of Medical Microbiology*, 60(2), pp. 216–222. doi: 10.1099/jmm.0.020842-0.
- Aristina, R. F., Astuti, W. dan Pratiwi, D. R. (2019) 'Skrining dan Uji Fitokimia Ekstrak Kasar Bakteri Endofit dari Batang Pacing (*Costus* sp.) Screening and Phytochemicals Test of Extract Endophytes Bacteria from Stem of Pacing (*Costus* sp.)', *Jurnal Atomik*, 04(1), pp. 21–24.
- Ariyanti, E. E. (2011) 'Variasi Morfologi Daun Beberapa Jenis Acanthaceae di Kebun Raya Purwodadi', *Berk. Penel. Hayati Edisi Khusus*, 7A, pp. 79–82.
- Ariyono, R. Q., Djauhari, S. dan Sulistyowati, L. (2014) 'Keanekaragaman Jamur Endofit Daun Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir.) pada Lahan Pertanian Organik dan Konvensional', *HPT*, 2(1), pp. 19–28.
- Astuti, M. D., Kuntorini, E. M. dan Wisuda, F. E. P. (2014) 'Isolasi dan Identifikasi Terpenoid dari Fraksi n-Butanol Herba Lampasau (*Diplazium esculentum* Swartz)', *Valensi*, 4(1), pp. 20–24.
- Azzahra, N., Jamilatun, M. dan Aminah, A. (2020) 'Perbandingan Pertumbuhan *Aspergillus fumigatus* pada Media Instan Modifikasi Carrot Sucrose Agar dan Potato Dextrose Agar', *Jurnal Mikologi Indonesia*, 4(1), pp. 168–174. doi: 10.46638/jmi.v4i1.69.
- Dewi, A. K. (2013) 'Isolasi, Identifikasi dan Uji Sensitivitas *Staphylococcus aureus* terhadap Amoxicillin dari Sampel Susu Kambing Peranakan Ettawa (PE) Penderita Mastitis di Wilayah Girimulyo, Kulonprogo, Yogyakarta', *Jurnal Sain Veteriner*, 31(2). doi: 10.2105/ajph.45.9.1138.
- Ding, Z. *et al.* (2019) 'Bioprospecting of Novel and Bioactive Metabolites from Endophytic Fungi Isolated from Rubber tree *Ficus elastica* leaves', *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29(5), pp. 731–738. doi: 10.4014/jmb.1901.01015.
- Elfita *et al.* (2015) 'Chemical Constituen from an Endophytic Fungus *Aspergillus* sp (SbD5) Isolated from Sambiloto (*Andrographis paniculata* Nees)', *Microbiology Indonesia*, 9(2), pp. 82–88. doi: 10.5454/mi.9.2.5.
- Elita, A., Saryono, S. dan Christine, J. (2013) 'Penentuan Waktu Optimum Produksi Antimikroba dan Uji Fitokimia Ekstrak Kasar Fermentasi Bakteri Endofit *Pseudomonas* sp. dari Umbi Tanaman Dahlia (*Dahlia variabilis*)',