

## POTENSI ANTIBAKTERI EKSTRAK JAMUR *Trichoderma harzianum* ENDOFIT DARI TANAMAN SIRIH MERAH (*Piper crocatum Ruiz & Pav*)

ALINDA TIARA SILAEN<sup>1</sup>, TRISNA YULIANA<sup>1</sup>, DAN YENNY FEBRIANI YUN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Informatika, Universitas Jenderal Achmad Yani,  
Cimahi, Jl. Terusan Jendral Sudirman, PO. BOX 148

\* alamat email korespondensi: [yennyfebrianiyun@gmail.com](mailto:yennyfebrianiyun@gmail.com)

| Informasi Artikel                                                                                                                             | Abstrak/Abstract                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kata Kunci: Jamur endofit; <i>Piper crocatum</i> ; <i>Trichoderma harzianum</i> ; aktivitas antibakteri; <i>Internal Transcribed Spacer</i> . | Meningkatnya resistensi antibiotik menjadi dorongan untuk mencari sumber antibakteri baru, salah satunya dari jamur endofit tanaman obat sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan. Penelitian ini mengisolasi jamur endofit dari sirih merah ( <i>Piper crocatum Ruiz &amp; Pav</i> ), mengidentifikasi golongan metabolit sekundernya, serta menguji daya hambatnya terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i> . Tahapan meliputi isolasi dan identifikasi molekuler melalui sekuens <i>Internal Transcribed Spacer</i> (ITS), fermentasi padat, ekstraksi bertingkat dengan pelarut <i>n</i> -heksana, etil asetat, dan etanol, skrining fitokimia, serta uji difusi cakram Kirby-Bauer. Analisis ITS mengonfirmasi isolat sebagai <i>Trichoderma harzianum</i> dengan kemiripan 99,68%. Ekstrak etil asetat memberi rendemen tertinggi sebesar 74,63%. Hasil fitokimia menunjukkan golongan terpenoid yang terdeteksi pada ketiga ekstrak. Aktivitas antibakteri ekstrak <i>n</i> -heksana dan etil asetat terhadap <i>S. aureus</i> mulai terlihat pada konsentrasi 25%, masing-masing dengan zona hambat sebesar 6,77 mm dan 6,53 mm, sedangkan terhadap <i>E. coli</i> aktivitas mulai terlihat pada konsentrasi 50%, dengan zona hambat masing-masing sebesar 7,33 mm dan 6,30 mm. Ekstrak etanol menunjukkan aktivitas paling lemah, dengan aktivitas terhadap kedua bakteri hanya pada konsentrasi 100%, masing-masing sebesar 7,63 mm terhadap <i>E. coli</i> dan 2,47 mm terhadap <i>S. aureus</i> . Ekstrak <i>n</i> -heksana dan etil asetat menunjukkan aktivitas sedang, sedangkan ekstrak etanol menunjukkan aktivitas lemah. Berdasarkan hasil tersebut, <i>T. harzianum</i> endofit sirih merah berpotensi sebagai sumber senyawa antibakteri alami yang dapat dikembangkan lebih lanjut. |
| Keyword: endophytic fungi; <i>Piper crocatum</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> ; antibacterial activity; <i>Internal Transcribed Spacer</i>  | <i>The increasing prevalence of antibiotic resistance has driven the search for new antibacterial sources, one of which is endophytic fungi from medicinal plants as a more sustainable alternative. This study aimed to isolate endophytic fungi from red betel (Piper crocatum Ruiz &amp; Pav), identify their secondary metabolite classes, and evaluate their antibacterial activity against Staphylococcus aureus and Escherichia coli. The research procedures included isolation and molecular identification through Internal Transcribed Spacer (ITS) sequencing, solid-state fermentation, sequential extraction using n-hexane, ethyl acetate, and ethanol, phytochemical screening, and the KirbyBauer disk diffusion assay. ITS analysis confirmed the isolate as Trichoderma harzianum with 99.68% similarity. The ethyl acetate extract showed the highest yield at 74.63%. Phytochemical screening showed that terpenoids were detected in all three extracts. The antibacterial activity of the n-hexane and ethyl acetate extracts</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

against *S. aureus* was observed starting at a concentration of 25%, with inhibition zones of 6.77 mm and 6.53 mm, respectively, whereas against *E. coli*, activity was observed starting at a concentration of 50%, with inhibition zones of 7.33 mm and 6.30 mm, respectively. The ethanol extract showed the weakest activity, with activity against both bacteria observed only at a concentration of 100%, producing inhibition zones of 7.63 mm against *E. coli* and 2.47 mm against *S. aureus*. The *n*-hexane and ethyl acetate extracts showed moderate activity, whereas the ethanol extract showed weak activity. Based on these results, endophytic *T. harzianum* from red betel has potential as a source of natural antibacterial compounds that can be further developed.

## PENDAHULUAN

Infeksi bakteri masih menjadi salah satu masalah kesehatan yang penting karena dapat menyebabkan berbagai penyakit, termasuk infeksi saluran kemih, infeksi saluran pencernaan, infeksi kulit, pneumonia, bakteremia, dan sepsis. *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri patogen yang sering dikaitkan dengan infeksi pada manusia. *E. coli* merupakan bakteri Gram negatif, sedangkan *S. aureus* merupakan bakteri Gram positif dengan karakteristik dinding sel yang berbeda [1]. Peningkatan resistensi terhadap antibiotik menjadi salah satu tantangan dalam penanganan infeksi bakteri. Kondisi tersebut mendorong pencarian sumber senyawa antibakteri baru, salah satunya melalui eksplorasi bahan alam. Tanaman obat diketahui mengandung berbagai metabolit sekunder yang berpotensi memiliki aktivitas biologis. Salah satu tanaman yang telah digunakan dalam pengobatan tradisional adalah sirih merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav), yang diketahui memiliki kandungan metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, fenolik, dan terpenoid serta berbagai aktivitas farmakologis [2].

Selain tanaman, mikroorganisme yang berasosiasi dengan tanaman juga dapat menjadi sumber metabolit sekunder. Jamur endofit merupakan mikroorganisme yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menimbulkan gejala penyakit pada inangnya. Jamur endofit dapat menghasilkan berbagai metabolit sekunder yang memiliki aktivitas biologis, termasuk aktivitas antibakteri. Keunggulan jamur endofit juga terletak pada kemampuannya untuk dikultivasi secara *in vitro*, sehingga berpotensi mendukung produksi senyawa bioaktif secara berkelanjutan [3].

Penelitian sebelumnya menunjukkan keberadaan beberapa genus jamur endofit pada daun *P. crocatum*, termasuk *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp., *Aspergillus* sp., dan *Fusarium* sp [4]. *Trichoderma harzianum* juga telah dilaporkan menghasilkan metabolit sekunder dengan aktivitas antimikroba. *Trichoderma harzianum* juga dilaporkan mampu menghasilkan metabolit sekunder dengan aktivitas antimikroba. Senyawa harzianic acid dan isoharzianic acid berhasil diisolasi dari *T. harzianum* endofit tanaman jahe, dengan isoharzianic acid menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dengan nilai MIC sebesar 25  $\mu$ M [5].

Berdasarkan potensi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi jamur endofit dari tanaman sirih merah, mengidentifikasi golongan metabolit sekundernya, serta mengevaluasi aktivitas antibakteri ekstraknya terhadap *S. aureus* dan *E. coli*. Ekstraksi dilakukan secara bertingkat menggunakan pelarut dengan tingkat kepolaran berbeda, yaitu *n*-heksana, etil asetat, dan etanol, untuk memperoleh ekstrak dengan karakteristik metabolit yang berbeda.

## EKSPERIMEN

Bahan utama yang digunakan adalah tanaman sirih merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav), media *Potato Dextrose Agar Chloramphenicol* (PDAC), *Mueller-Hinton Agar* (MHA), beras cokelat organik, jus apel, *n*-heksana, etil asetat, etanol, kloramfenikol, akuades, natrium hipoklorit, serta pereaksi untuk skrining fitokimia. Bakteri uji yang digunakan adalah *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

## Instrumentasi

Peralatan utama yang digunakan meliputi *laminar air flow*, autoklaf, neraca analitik, rotary evaporator Buchi R-100, cawan petri, tabung reaksi, lampu UV, dan peralatan gelas laboratorium.

## Prosedur

### Isolasi dan identifikasi jamur endofit

Sampel daun dan batang sirih merah dicuci, dipotong berukuran  $\pm 1$  cm, kemudian dilakukan sterilisasi permukaan menggunakan etanol 70%, NaOCl 2,5%, dan etanol 70%. Sampel selanjutnya dibilas dengan akuades steril dan ditanam pada media PDAC. Inkubasi dilakukan pada suhu 25 sampai 27 °C selama 2 sampai 14 hari. Koloni jamur yang tumbuh dimurnikan melalui subkultur hingga diperoleh isolat dengan morfologi koloni yang homogen [6].

Identifikasi molekuler dilakukan melalui amplifikasi daerah *Internal Transcribed Spacer* (ITS) menggunakan primer ITS5 dan ITS4. Produk PCR kemudian disekuensing dan hasil sekuens dianalisis menggunakan BLAST terhadap basis data GenBank. Identifikasi diperkuat dengan analisis filogenetik menggunakan metode *Neighbor-Joining* [7].

### Fermentasi dan ekstraksi

Isolat jamur endofit terpilih difermentasi pada media beras cokelat organik dan jus apel selama 50 hari pada suhu 19 °C dalam kondisi gelap [8]. Hasil fermentasi diekstraksi secara bertingkat menggunakan n-heksana, etil asetat, dan etanol. Setiap ekstrak diuapkan menggunakan rotary evaporator hingga diperoleh ekstrak pekat [3].

### Skrining fitokimia

Skrining fitokimia dilakukan secara kualitatif untuk mendeteksi golongan alkaloid, terpenoid, saponin, tanin, dan flavonoid berdasarkan perubahan warna atau pembentukan endapan setelah penambahan pereaksi spesifik.

## Alkaloid

Sebanyak 1 mL ekstrak dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditetaskan pereaksi Mayer dan Dragendorff. Hasil positif ditunjukkan terbentuknya endapan putih/kuning (Mayer) atau endapan kuning (Dragendorff) [9].

## Terpenoid

Ekstrak dilarutkan dalam kloroform, kemudian ditambahkan pereaksi Liebermann-Burchard (asam asetat anhidrat dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat). Hasil positif terpenoid ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi merah/ungu/hijau/biru [9].

## Saponin

Uji Saponin dilakukan dengan Metode Froth yaitu dengan cara memasukkan 2 mL sampel ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 10 mL akuades lalu dikocok selama 30 detik, diamati perubahan yang terjadi. Apabila 22 terbentuk busa (tidak hilang selama 30 detik), amati tinggi dan kestabilan busa dengan menambahkan 1-2 tetes HCl 2N dan tetap tidak hilang, maka identifikasi menunjukkan adanya saponin [9].

## Tanin

Sampel ditambahkan 1–3 tetes larutan FeCl<sub>3</sub> 1%. Hasil positif tanin ditandai dengan terbentuknya warna hijau/ungu/hitam [9].

## Flavonoid

Sampel 2 mL lalu ditambahkan 0,1 gram serbuk Mg dan 2-3 tetes asam klorida pekat dan 2-3 tetes amil alkohol, dikocok dan didiamkan sebentar. Warna merah, kuning atau jingga/terbentuk menunjukkan positif flavonoid [9].

## Uji aktivitas antibakteri

Aktivitas antibakteri diuji menggunakan metode difusi cakram Kirby-Bauer. Suspensi *S. aureus* dan *E. coli* disetarakan dengan standar 0,5 McFarland, kemudian diinokulasikan pada media MHA. Cakram yang mengandung ekstrak pada

berbagai konsentrasi diletakkan pada permukaan media. Kontrol positif dan kontrol negatif digunakan sebagai pembanding. Media diinkubasi pada suhu 37°C selama 18 sampai 24 jam. Diameter zona hambat diukur menggunakan jangka sorong [6].

**Tabel 1** Kategori Diameter Zona Hambat [10].

| Diameter | Diameter Daya Hambat |
|----------|----------------------|
| ≤ 5 mm   | Lemah                |
| 6-10 mm  | Sedang               |
| 11-20 mm | Kuat                 |
| ≥ 20 mm  | Sangat Kuat          |

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Identifikasi jamur endofit

Isolat jamur endofit yang diperoleh dari tanaman sirih merah menunjukkan karakteristik makroskopik pada **Tabel 1**. Analisis molekuler menunjukkan bahwa sekuens ITS isolat memiliki kemiripan tertinggi dengan *Trichoderma harzianum* dengan nilai identity 99,68% atau 624 dari 626 pasangan basa dan E-value 0,0. Hasil analisis filogenetik juga menunjukkan isolat mengelompok dalam satu klad dengan beberapa strain *T. harzianum*. Hasil BLAST dan analisis filogenetik tersebut mengonfirmasi isolat sebagai *Trichoderma harzianum*.

**Tabel 2.** Hasil Identifikasi Isolat Jamur Endofit Tanaman Sirih Merah

| Kode Isolat | Warna Permukaan | Warna Balik Koloni | Bentuk Miselia | Bentuk Koloni | Genus                        |
|-------------|-----------------|--------------------|----------------|---------------|------------------------------|
| BHP 2       | Putih Hijau     | Putih              | Kapas Halus    | Merata        | <i>Trichoderma harzianum</i> |



Tampak Depan



Tampak Belakang

**Gambar 1** Makroskopis Isolat BPH 2 tanaman Sirih Merah

### Fermentasi dan Ekstraksi

Fermentasi menghasilkan biomassa jamur yang kemudian diekstraksi menggunakan pelarut dengan tingkat kepolaran berbeda. Ekstrak kasar yang diperoleh dari *n*-heksana, etil asetat, dan etanol masing-masing sebesar 21,1805; 31,0450; dan 23,8880 g. Ekstrak etil asetat menghasilkan massa ekstrak terbesar. Perbedaan hasil ekstraksi berkaitan dengan karakteristik kepolaran pelarut. *N*-heksana cenderung menarik senyawa nonpolar, sedangkan etil asetat mampu menarik senyawa semipolar dan etanol menarik senyawa yang lebih polar. Perbedaan tersebut memungkinkan metabolit sekunder dengan karakteristik kimia yang berbeda terdistribusi pada ekstrak yang dihasilkan.

### Skrining fitokimia

Hasil skrining pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa terpenoid merupakan satu-satunya golongan metabolit sekunder yang terdeteksi secara konsisten pada ekstrak *n*-heksana, etil asetat, dan etanol.

Sementara itu, alkaloid, saponin, tanin, dan flavonoid tidak terdeteksi. Pada uji terpenoid, ekstrak *n*-heksana menghasilkan warna hijau, sedangkan ekstrak etil asetat dan etanol menghasilkan warna jingga.

Keberadaan terpenoid dapat berkaitan dengan aktivitas antibakteri yang diamati pada penelitian ini. Senyawa terpenoid diketahui dapat mengganggu permeabilitas membran bakteri sehingga menyebabkan kebocoran komponen

intraseluler. Namun, karena identifikasi metabolit dalam penelitian ini masih menggunakan skrining fitokimia, keberadaan terpenoid belum dapat

digunakan untuk menentukan senyawa spesifik yang bertanggung jawab terhadap aktivitas antibakteri.

**Tabel 3.** Hasil Skrining Fitokimia

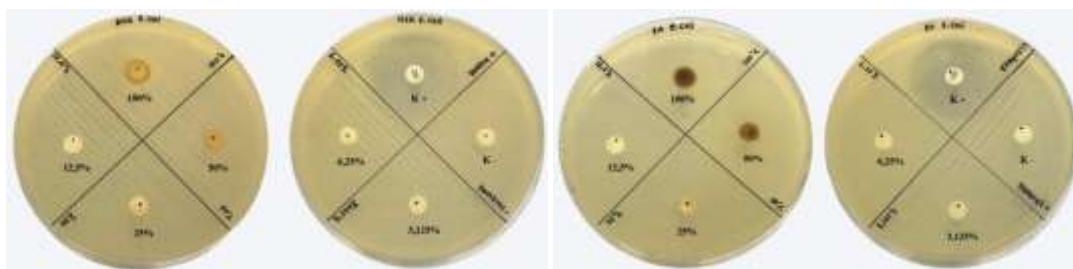
| No | Metabolit Sekunder | Hasil uji pada ekstrak |             |        | Keterangan                                                                                           |                           |
|----|--------------------|------------------------|-------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|    |                    | <i>n</i> -Heksana      | Etil Asetat | Etanol | Warna Hasil Uji                                                                                      | Warna Standar             |
| 1. | Alkaloid           |                        |             |        |                                                                                                      |                           |
|    | -Mayer             | -                      | -           | -      | Larutan Bening                                                                                       | Endapan putih/kuning      |
|    | -Dragendroff       | -                      | -           | -      | Larutan jingga                                                                                       | Endapan kuning            |
| 2. | Terpenoid          | +                      | +           | +      | <i>n</i> -Heksan :<br>larutan hijau<br>Etil Asetat :<br>Larutan jingga<br>Etanol :<br>Larutan jingga | Merah/ungu<br>/hijau/biru |
|    |                    |                        |             |        |                                                                                                      |                           |
| 3. | Saponin            | -                      | -           | -      | Tidak terbentuk<br>adanya busa                                                                       | Terbentuk busa 1-10<br>cm |
| 4. | Tanin              | -                      | -           | -      | Larutan jingga                                                                                       | Hijau/ungu /hitam         |
| 5. | Flavonoid          | -                      | -           | -      | Larutan kuning                                                                                       | Merah/kuning/jingga       |

#### Aktivitas antibakteri terhadap *E.coli*

Ekstrak *n*-heksana menunjukkan aktivitas terhadap *E. coli* pada konsentrasi 50% dan 100%, dengan diameter zona hambat masing-masing 7,33 dan 8,57 mm. Konsentrasi 3,125 sampai 25% tidak menghasilkan zona hambat. Kontrol positif menghasilkan zona hambat sebesar 30,2 mm. Ekstrak etil asetat juga menunjukkan aktivitas pada konsentrasi 50% dan 100%, dengan zona hambat masing-masing 6,30 dan 8,20 mm. Nilai tersebut menunjukkan aktivitas yang relatif sebanding dengan ekstrak *n*-heksana pada konsentrasi 100%. Pada ekstrak etanol, aktivitas terhadap *E. coli* hanya terlihat pada konsentrasi 100%, dengan diameter zona hambat 7,63 mm, sedangkan konsentrasi 3,125 sampai 50% tidak menunjukkan zona hambat.

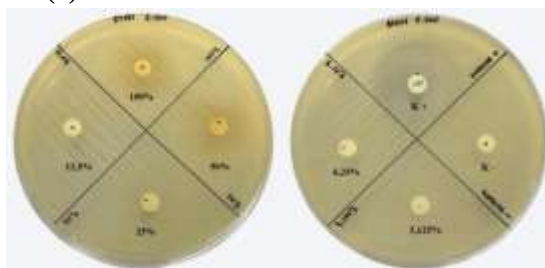
#### Aktivitas antibakteri terhadap *S. aureus*

Ekstrak *n*-heksana menunjukkan aktivitas terhadap *S. aureus* mulai konsentrasi 25%. Diameter zona hambat yang diperoleh pada konsentrasi 25%, 50%, dan 100% berturut-turut adalah 6,77; 8,47; dan 8,83 mm, yang seluruhnya termasuk kategori sedang. Ekstrak etil asetat juga menunjukkan aktivitas mulai konsentrasi 25%, dengan diameter zona hambat sebesar 6,53 mm pada konsentrasi 25%, 8,47 mm pada konsentrasi 50%, dan 8,50 mm pada konsentrasi 100%. Ketiga nilai tersebut termasuk kategori sedang. Sebaliknya, ekstrak etanol menunjukkan aktivitas paling rendah. Hambatan hanya terbentuk pada konsentrasi 100%, dengan diameter zona hambat rata-rata 2,47 mm, yang termasuk kategori lemah. Pada konsentrasi 3,125 sampai 50% tidak terbentuk zona hambat.

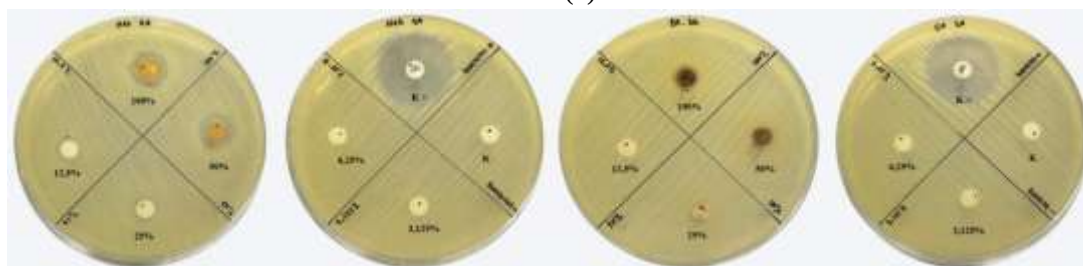


n-heksana (1)

Etil asetat (1)

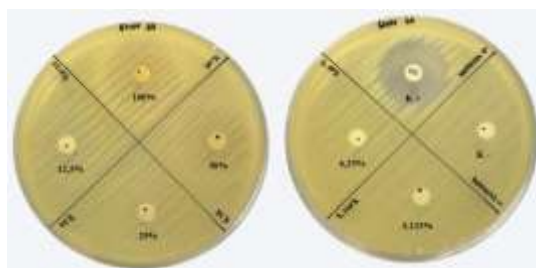


Etanol (1)



n-heksana (2)

Etil asetat (2)



Etanol (2)

**Gambar 2** Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Isolat Jamur Endofit Tanaman Sirih Merah Terhadap Bakteri *Escherichia coli* (1) dan *Staphylococcus aureus* (2)

**Tabel 4** Hasil Pengukuran Diameter Hambatan Aktivitas Antibakteri

| Diameter Zona Hambat Pertumbuhan Bakteri Konsentrasi Ekstrak |                 |              |       |       |        |     |            |             |
|--------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|-------|-------|--------|-----|------------|-------------|
| Bakteri                                                      | Ekstrak         | K+           | 3,13% | 6,25% | 12,50% | 25% | 50%        | 100%        |
| <i>Escherichia coli</i>                                      | n-Heksan (1)    | 30,2 ± 0,85  | -     | -     | -      | -   | 7,3 ± 0,11 | 8,6 ± 0,68  |
|                                                              | Etil asetat (1) | 28,4 ± 0,36  | -     | -     | -      | -   | 6,3 ± 0,20 | 8,2 ± 0,40  |
|                                                              | Etanol (1)      | 30,33 ± 1,17 | -     | -     | -      | -   | -          | 7,63 ± 0,45 |

|                              |                  |                     |   |   |   |                |                |                |
|------------------------------|------------------|---------------------|---|---|---|----------------|----------------|----------------|
|                              | <i>n</i> -Heksan | 26,53 ±<br>(2) 0,76 | - | - | - | 6,77 ±<br>0,21 | 8,47 ±<br>0,35 | 8,83 ±<br>0,64 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | Etil asetat      | 24,47 ±<br>(2) 1,34 | - | - | - | 6,53 ±<br>0,15 | 8,48 ±<br>0,32 | 8,50 ±<br>0,36 |
|                              | Etanol (2)       | 25,6 ±<br>1,05      | - | - | - | -              | -              | 2,47 ±<br>4,27 |

Keterangan: K+ = Kontrol Positif, - = Tidak ada aktivitas

Hasil tersebut menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri ekstrak berkaitan dengan jenis pelarut yang digunakan. Terpenoid yang terdeteksi pada ketiga ekstrak memiliki karakteristik nonpolar hingga semipolar sehingga keberadaannya dapat mendukung aktivitas yang lebih tinggi pada ekstrak *n*-heksana dan etil asetat. Meskipun demikian, hubungan tersebut masih bersifat dugaan karena penelitian ini belum mengidentifikasi senyawa aktif secara spesifik.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, isolat jamur endofit dari tanaman sirih merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav) teridentifikasi secara molekuler sebagai *Trichoderma harzianum* dengan nilai *identity* 99,68% dan *E-value* 0,0 berdasarkan analisis sekuens ITS.

Skrining fitokimia menunjukkan bahwa terpenoid merupakan golongan metabolit sekunder yang terdeteksi secara konsisten pada ekstrak *n*-heksana, etil asetat, dan etanol, sedangkan alkaloid, flavonoid, saponin, dan tanin tidak terdeteksi.

Ekstrak *n*-heksana dan etil asetat menunjukkan aktivitas antibakteri kategori sedang terhadap *E. coli* dan *S. aureus*. Ekstrak *n*-heksana menunjukkan aktivitas terhadap *S. aureus* sejak konsentrasi 25%, sedangkan ekstrak etanol menunjukkan aktivitas paling rendah dan hanya memberikan hambatan pada konsentrasi 100%. Dengan demikian, ekstrak jamur endofit *T. harzianum* dari tanaman sirih merah memiliki potensi sebagai sumber metabolit sekunder dengan aktivitas antibakteri, terutama pada ekstrak *n*-heksana dan etil asetat.

## SARAN

Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengidentifikasi senyawa metabolit sekunder yang berperan terhadap aktivitas antibakteri

menggunakan LC-HRMS. Senyawa yang teridentifikasi selanjutnya dapat dianalisis menggunakan *molecular docking* untuk mempelajari interaksi antara senyawa kandidat antibakteri dengan target biologis yang relevan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Kimia, Universitas Jenderal Achmad Yani, atas dukungan fasilitas dan sarana penelitian. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing dan seluruh pihak yang telah memberikan arahan, bantuan, serta dukungan selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan artikel ini.

## REFERENSI

- [1] M. R. Timm, S. K. Russell and S. Hultgren, "Urinary tract infections: pathogenesis, host susceptibility and emerging therapeutics," *Nature Reviews Microbiology*, vol. 23, pp. 72-86, 2025.
- [2] World Health Organization, "Antimicrobial resistance," 16 July 2026. [Online]. Available: <https://www.who.int/newsroom/facts-sheets/detail/antimicrobialresistance>. [Accessed 16 July 2026].
- [3] S. Deshmukh, M. Gupta, V. Prakash and S. Saxena, "Endophytic fungi: A source of potential antifungal, antibacterial, and antiviral compounds," *Journal of Fungi*, vol. 8, no. 2, p. 164, 2022.
- [4] S. Siregar and A. Pulungan, "Isolasi dan identifikasi jamur endofit pada daun sirih merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav) dengan potensi antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*," *BIO-CONS*:



*Jurnal Biologi dan Konservasi*, vol. 7, no. 1,  
pp. 82-90, 2025.

- [5] H. Harwoko, J. Lee, G. Daletos, M. Feldbrügge, R. Kalscheuer and P. Proksch, "Antimicrobial compound from *Trichoderma harzianum*, an endophytic fungus associated with ginger (*Zingiber officinale*)," *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Indonesia (Indonesian Journal of Medicine and Health)*, vol. 12, no. 2, pp. 151-157, 2021.
- [6] Melzi Octaviani, Salsabila Putri, Sri lidya Rasihe, Kolistia Sisilawati, Nofriyanti and Rahmayati Rusnedy, "Aktivitas Antibakteri Isolat Jamur Endofit Kulit Batang Rimbang (*Solanum torvum* Swartz) terhadap Beberapa Bakteri," *Jurnal Farmasi Indonesi*, vol. 18, no. 2, pp. 222-234, 2026.
- [7] H. Raja, A. Miller, C. Pearce and N. Eberlies, "Fungal identification using molecular tools: a primer for the natural products research community," *Journal of Natural Products*, vol. 80, no. 3, pp. 756770, 2017.
- [8] Z. Chen, Z. Yang and Z. Gu, "Development of a functional beverage from supernatant of *Ganoderma lucidum* fermented brown rice wort containing barley wort and soybean sprout slurry blended with fruit juices," *Food Science*, vol. 31, no. 6, pp. 114-117, 2010.
- [9] R. Marjoni, *Dasar- Dasar Fitokimia*, Jakarta: Jakarta: CV. Trans Info Media, 2016.
- [10] Surjowatdojo, T. Susilorini and G. Sirait, "Daya Hambat Dekok Kulit Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.) Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas* sp. Penyebab Mastitis pada Sapi Perah," *Jurnal Ternak*, vol. 16, no. 2, pp. 40-48, 2015.