

Identifikasi dan Deteksi Aktivitas Daya Hambat Bakteri *Actinomycetes* yang diisolasi dari Tanah Gambut di Desa Tajok Kayong Kalimantan Barat

Sri Lestari¹, Mukarlina¹, Rikhsan Kurniatuhadi¹

¹Program Studi Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak,
Email korespondensi: sril26683@gmail.com

Abstract

Actinomycetes bacteria can grow well in soil media with acidic pH conditions such as peat soil. This study aims to determine the *genus* of *Actinomycetes* bacteria from peat soil. Sampling was done in Tajok Kayong Village, Ketapang Regency. Isolation was carried out using *Pour Plate Method* using specific media, namely SCA (*Strach Casein Agar*) media, while the activity detection of *Actinomycetes* bacteria was carried out on *Eschericia coli* pathogenic bacteria and *Staphylococcus aureus* using the *streak-cross Method*. Identification and characterization done it macroscopic, microscopic and biochemical. The results obtained 7 isolates of *Actinomycetes* bacteria from peat soil which is the *genus Streptomyces*.

Keywords: Identification, Detection, *Actinomycetes*, Peat Soil.

PENDAHULUAN

Actinomycetes merupakan bakteri yang dapat hidup di perairan maupun tanah. Bakteri *Actinomycetes* mampu menghasilkan senyawa-senyawa aktif yang dapat digunakan sebagai antibakteri, antifungi, antikanker dan antitumor. *Actinomycetes* memiliki potensi besar untuk mensintesis metabolit sekunder bioaktif. Sekitar 70% antibiotik yang telah ditemukan dihasilkan oleh *Actinomycetes* (Alcamo, 1996).

Bakteri *Actinomycetes* dapat tumbuh pada media tanah dengan kondisi pH asam sampai pH basa dan bahan organik rendah. Tanah gambut memiliki karakter pH rendah, rasio C/N yang tinggi dan mengandung bahan organik tinggi. Tanah gambut di Desa Tajok Kayong memiliki pH dalam kategori asam. Menurut Hikmatullah dan Sukarman (2007), wilayah Pontianak, Ketapang, Mempawah, dan Sambas memiliki tanah gambut yang bersifat asam. Menurut Mutalib *et al.* (1991) secara umum keasaman tanah gambut berkisar antara 3-5 dan semakin tebal bahan organik maka keasaman gambut meningkat.

Penelitian *Actinomycetes* pada tanah gambut telah dilakukan di daerah Riau dan Serawak Malaysia. Menurut Subagio dan Widjaja (1998), tanah gambut di Riau memiliki pH 3 sampai 5, sedangkan pada tanah gambut Kalimantan Barat dan Serawak Malaysia memiliki pH tanah lebih asam yaitu 2 sampai 5. Menurut penelitian Lestari *et al.* (2014), dua puluh delapan isolat *Actinomycetes* dari tanah gambut di Kabupaten Kampar Riau mampu tumbuh pada pH 5-7.

Penelitian yang dilakukan Marta *et al.* (2016), menunjukkan keanekaragaman *Actinomycetes* yang berhasil diisolasi dari tanah gambut di desa Langkai Riau memiliki potensi sebagai penghasil antibiotik sebanyak 14 isolat, semua isolat merupakan golongan *Streptomyces*. Penelitian Jeffrey *et al.* (2011), di Serawak Malaysia berhasil memperoleh 40 isolat *Actinomycetes* dari tanah gambut dan dari semua isolat, 8 isolat memiliki potensi sebagai penghasil antibiotik. Isolat *Actinomycetes* yang ditemukan terdiri dari 7 *genus Streptomyces*.

Keberadaan *Actinomycetes* indigenus di tanah gambut Desa Tajok Kayong Kabupaten Ketapang Kalimantan Barat belum ada informasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui genera bakteri *Actinomycetes* yang diisolasi dari tanah gambut di Desa Tajok Kayong, Ketapang, Kalimantan Barat.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari hingga Juni 2018. Lokasi pengambilan sampel tanah gambut dilakukan di Desa Tajok Kayong, Ketapang, Kalimantan Barat. Isolasi, karakterisasi dan identifikasi dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.

Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan pada penelitian ini adalah agar, akuades steril, alkohol 70%, CaCO₃, Casein, *cristal violet*, FeSO₄·7H₂O, fruktosa, glukosa, hidrogen peroksida 3%, inulin, iodium, isolat *Eschericia coli* DKA22, isolat *Staphylococcus aureus* YKS12, K₂HPO₄, KNO₃, mannitol, media *Citrat Indol Motility* (SIM), media *Nutrient Agar* (NA), media *Simmon Citrat Agar* (SCA), media *Triple Sugar Iron* (TSIA), media *Urea Agar Best, methyle red*, minyak imersi, MgSO₄·7H₂O, NaCl, pepton, *reagen Kovacs*, safranin, *Soluble starch*, spiritus, sukrosa dan tanah gambut.

Pembuatan dan Sterilisasi Media Starch-Casein Agar (SCA)

Agar ditimbang sebanyak 15g, solubel starch 10g, K₂HPO₄ 2g, KNO₃ 2g, NaCl 2g, Casein 0,3g, MgSO₄·7H₂O 0,05g, CaCO₃ 0,02g, FeSO₄·7H₂O 0,01g. Bahan-bahan yang telah ditimbang dimasukkan kedalam gelas beker dan di tambahkan akuades sebanyak 1L, dipanaskan hingga mendidih, kemudian dimasukkan ke erlenmeyer, disterilisasi ke dalam autoklaf selama 15 menit dengan suhu 121^oC tekanan 1atm (Atlas, 1946).

Isolasi Actinomycetes

Isolasi *Actinomycetes* dilakukan dengan metode tuang (*Pour Plate*), yaitu dengan cara sampel tanah gambut ditimbang sebanyak 1 gram kemudian di masukkan dalam 9 ml akuades steril, dihomogenkan dengan menggunakan *vortex*. Suspensi sebanyak 1 ml, dimasukkan pada tabung reaksi pengenceran 10⁻¹, diambil 1 ml dari pengenceran 10⁻¹, dimasukkan ke pengenceran 10⁻² dan dilakukan dengan cara yang sama sampai pengenceran 10⁻⁹, masing-masing setiap tingkat pengenceran diambil 1 ml dimasukkan ke dalam cawan petri, selanjutnya dituangkan media *Starch-Casein Agar* (SCA) ke dalam cawan petri dan dihomogenkan. Bakteri diinkubasi selama 72 jam pada suhu ruang 37^oC (Waluyo, 2008).

Pengamatan Karakter Morfologi Koloni Bakteri

Pemeriksaan karakter morfologi koloni dilakukan dengan mengamati bentuk, tepian, elevasi, warna koloni dan ukuran diameter koloni. Karakter yang berbeda diberi kode (Krairitthichai dan Thongwai, 2005).

Pemurnian Actinomycetes

Actinomycetes yang sudah dilakukan pemeriksaan karakter morfologi yang berbeda dan diberi kode, selanjutnya dibuat 4 kuadran pada cawan petri,

dituangkan media *starch-casein* agar (SCA) ke cawan petri. Masing-masing isolat bakteri ditanam ke dalam cawan petri secara *streak plate* kemudian diinkubasi selama 72 jam pada suhu 37^oC (Waluyo, 2008).

Uji biokimia

Uji biokimia *Actinomycetes* meliputi pewarnaan gram, uji katalase, uji katabolisme karbohidrat dan produksi H₂S, uji motilitas dan indol, uji sitrat, uji urease dan uji gula-gula.

Deteksi Aktivitas Daya Hambat Bakteri Actinomycetes Terhadap Bakteri Escheria coli dan Staphylococcus aureus

Deteksi aktivitas daya hambat dilakukan menggunakan metode *cross streak* (Kurniawati *et al.*, 2015). Terlebih dahulu biakan murni bakteri patogen *E. coli* dan *S. aureus* diremajakan kembali sebelum digunakan, dengan cara di kultur pada media NA dan diinkubasi selama 24 jam. Isolat bakteri *Actinomycetes* digores pada satu sisi cawan seluas sepertiga cawan petri yang sudah berisi media NA padat dan diinkubasi selama 3 hari. Setelah 3 hari, bakteri *E. coli* dan *S. aureus* digoreskan pada sisi cawan yang kosong sepanjang 4,5 cm dengan arah tegak lurus terhadap goresan isolat dan *Actinomycetes* di inkubasi hingga tumbuh. Isolat bakteri *Actinomycetes* yang berpotensi antagonis akan ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening di antara bakteri *Actinomycetes* dan bakteri *E. coli* dan *S. aureus*.

Analisis Data

Hasil karakterisasi dan uji daya hambat dianalisis secara deskriptif. Data disajikan dalam bentuk tabel dan gambar, dibandingkan dengan standar identifikasi menurut kunci *Bergey's Manual of determinan Bacteriology*, *Bergey's Manual of Sistematic Bacteriology* edisi ke-2, *Journal Microbiology and Molecular Biology Reviews* dan *Journal of Applied Pharmaceutical Science*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

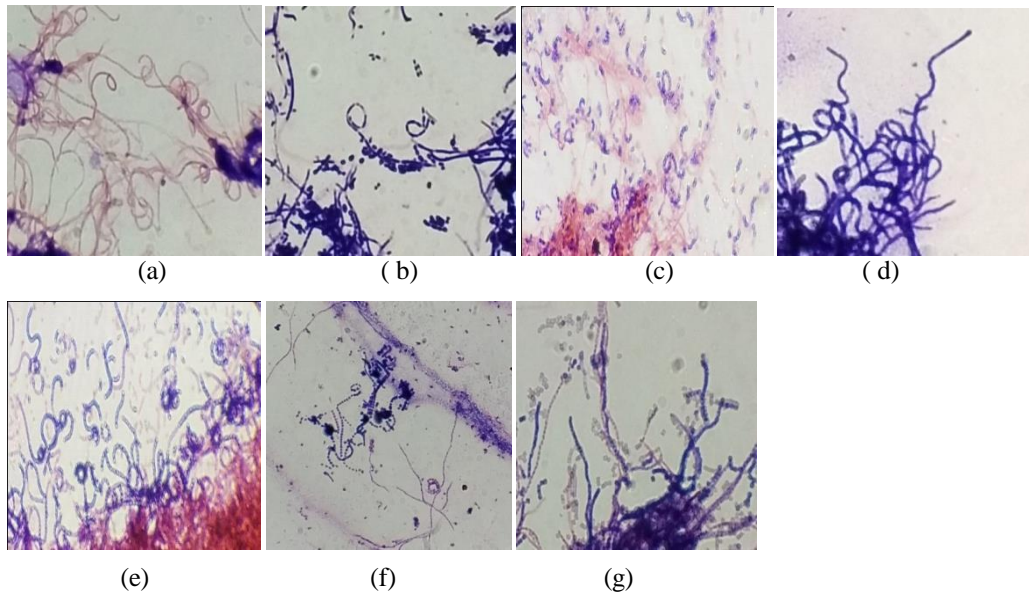
Hasil

Hasil karakterisasi isolat *Actinomycetes* diperoleh 7 isolat *Actinomycetes* dari tanah gambut di Desa Tajok Kayong, Kecamatan Nanga Tayap, Kabupaten Ketapang yaitu AKS1, AKS2, AKS3, AKS4, AKS5, AKS6 dan AKS7. Isolat bakteri tersebut mempunyai karakter koloni, sel dan fisiologis yang berbeda-beda. Hasil karakterisasi ketujuh isolat menunjukkan memiliki kemiripan dengan bakteri genus *Streptomyces* (Tabel 1 dan Gambar 1).

Tabel 1. Karakter-karakter koloni, sel dan fisiologis Isolat *Actinomycetes* dari Tanah Gambut di Desa Tajok Kayong, Ketapang, Kalimantan Barat

Karakter	<i>Streptomyces</i> AKS1	<i>Streptomyces</i> AKS2	<i>Streptomyces</i> AKS3	<i>Streptomyces</i> AKS4	<i>Streptomyces</i> AKS5	<i>Streptomyces</i> AKS6	<i>Streptomyces</i> AKS7
Bentuk	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat
Tepian	Bergelombang	Bergelombang	Bergelombang	Bergelombang	Bergelombang	Bergelombang	Filamen
Elevasi	Rata	Cembung	Cembung	<i>Umbonate</i>	<i>Umbonate</i>	Cembung	Rata
Permukaan	Tidak Licin	Tidak Licin	Tidak Licin	Tidak Licin	Tidak Licin	Tidak Licin	Tidak Licin
Warna	Putih-Keabuan	Putih-Kekuningan	Putih	Putih-Kecoklatan	Putih-Kekuningan	Putih	Hitam
Ukuran diameter koloni	3,9 mm	3,1mm	3,6 mm	3,4 mm	4,4 mm	3,4 mm	3,2 mm
Sifat Gram	+	+	+	+	+	+	+
Hifa Aerial	+	+	+	+	+	+	+
Konidia	<i>Chains dan Spiral</i>	<i>Chains dan Spiral</i>	<i>Chains dan Spiral</i>	<i>Chains dan Spiral</i>	<i>Chains dan Spiral</i>	<i>Chains dan Spiral</i>	<i>Chains Dan Rectus-Flexcibilis</i>
Glukosa	+	+	+	+	+	+	+
Laktosa	-	-	+	-	+	+	-
Sukrosa	-	-	+	-	+	+	-
Fruktosa	+	+	+	-	+	+	+
Mannitol	+	-	+	-	-	+	-
Innulin	-	-	-	-	-	-	-
Sitrat	-	-	+	+	+	-	+
Gas	-	-	-	-	-	-	-
H ₂ S	-	-	-	-	-	-	-
Katalase	+	+	+	+	+	+	+
Urease	+	+	+	+	+	-	+
Indol	-	-	-	-	-	-	-
Motilitas	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan : (+) : mampu menghasilkan, (-) : tidak mampu menghasilkan, (mm) : Milimeter (Satuan Diameter Koloni)



Gambar 1. Bentuk sel *Streptomyces* AKS1(a), *Streptomyces* AKS2(b), *Streptomyces* AKS3 (c), *Streptomyces* AKS4 (d), *Streptomyces* AKS5(d), *Streptomyces* AKS6(e) dan *Streptomyces* AKS7(f).

Hasil deteksi aktivitas daya hambat terhadap bakteri patogen *E.coli* dan *S.aureus* menunjukkan 5 isolat bakteri mampu menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* dan *S.aureus* dan 2 isolat bakteri hanya mampu menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* saja (Tabel 2).

Tabel 2. Deteksi Aktivitas daya hambat Isolat Bakteri Actinomycetes terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus* dari Tanah Gambut di Desa Tajok Kayong, Ketapang, Kalimantan Barat.

isolat	<i>E.coli</i>	<i>S. aureus</i>
<i>Streptomyces</i> sp. AKS 1	+	+
<i>Streptomyces</i> sp. AKS 2	-	+
<i>Streptomyces</i> sp. AKS 3	+	+
<i>Streptomyces</i> sp. AKS 4	+	+
<i>Streptomyces</i> sp. AKS 5	+	+
<i>Streptomyces</i> sp. AKS 6	-	+
<i>Streptomyces</i> sp. AKS 7	+	+

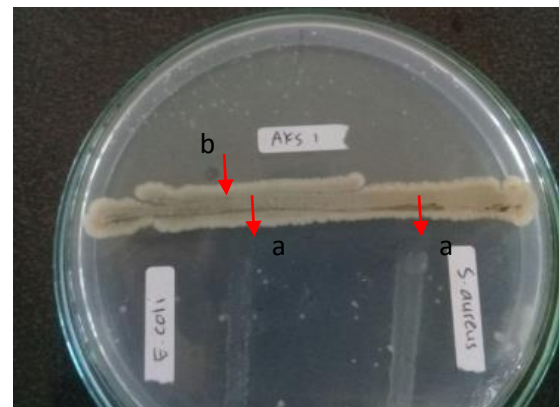
Keterangan: (+): mampu menghambat, (-): tidak mam menghambat.

Analisis fisik tanah gambut dari Desa Tajok Kayong menunjukkan suhu udara,suhu tanah dan kelembapan tanah termasuk dalam kategori sedang. Sedangkan analisis kandungan kimia tanah menunjukkan pH tanah termasuk dalam kategori asam, kadar karbon dan nitrogen termasuk dalam kategori sedang, rasio kadar karbon dengan nitrogen dan kapasitas tukar kation termasuk dalam kategori rendah (Tabel 3).

Pembahasan

Isolat AKS1, AKS2, AKS3, AKS4, AKS5, AKS6 dan AKS7 memiliki kesamaan karakter genus *Streptomyces*. Karakter ketujuh isolat mempunyai permukaan koloni tidak licin dengan diameter

koloni berukuran 3,1-4,4 mm. Ketujuh isolat memiliki miselium substrat berwarna putih yang berkembang menjadi miselium aerial berwarna putih keabuan pada AKS1, putih kekuningan pada AKS2 dan AKS5, putih kecoklatan pada AKS4 dan hitam pada AKS7. Sedangkan pada isolat AKS3 dan AKS6 masih berwarna putih (Tabel 4.1).



Gambar 2. Zona bening (ditunjukkan pada panah) deteksi aktivitas daya hambat bakteri Actinomycetes terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus* (a); koloni isolat bakteri Actinomycetes (ditunjukkan pada panah) (b).

Holt *et al.* (1994), menunjukkan ciri khas genus *Streptomyces* yaitu permukaan koloni tidak licin, ukuran diameter koloni antara 1-10 mm, memiliki miselium aerial yang mengarah dari permukaan koloni ke udara. Miselium ini pada awalnya berwarna putih sampai coklat , lama-kelamaan berubah menjadi berwarna tertentu. Menurut Locci *et al.* (1983), miselium aerial dari anggota bakteri *Streptomyces* memiliki warna yang berbeda-beda seperti putih, abu-abu, kuning, oranye, lavender, biru, hijau, sampai hitam.

Tabel 3. Karakter Analisis Fisik dan Kimia Tanah Gambut di Desa Tajok Kayong, Ketapang, Kalimantan Barat.

Analisis	Hasil Analisis	Kategori	Kisaran Nilai (LPT,1983)
Suhu Udara	27,89 °C	Sedang	20°C-30 °C
Suhu Tanah	28,44 °C	Sedang	20°C-30 °C
Kelembapan Tanah	74,89 %	Sedang	60%-80%
pH tanah	5,08	Asam	4,5-5,5
C-Organik	2,14 %	Sedang	2,01%-3,00%
N-Total	0,27 %	Sedang	0,21%-0,50%
Rasio C/N	7,93 %	Rendah	5%-10%
KTK	11,44 %	Rendah	5%-16%

Keterangan : °C : derajat celcius, %: persentase, LPT : Lembaga Penelitian Tanah.

Hasil pengamatan secara mikroskopis isolat AKS1, AKS2, AKS3, AKS4, AKS5, AKS6 dan AKS7 merupakan bakteri gram positif dan memiliki miselium aerial yang membentuk konidia rantai panjang (*long chains*). Isolat AKS1, AKS2, AKS3, AKS4, AKS5, AKS6 memiliki konidia tersusun seperti pilinan (*spiral*) dan isolat AKS7 tersusun lurus dan lentur (*rectus-flexibilis*) (Gambar 4.1-4.7). Holt *et al.* (1994), menyatakan secara mikroskopis ciri khas genus *Streptomyces* yaitu memiliki filamen dan miselium aerial dengan konidia berantai panjang (*long chains*). Menurut Barka *et al.* (2016), penataan rantai konidia *Streptomyces* dikelompokkan menjadi empat yaitu lurus dan lentur (*rectus-flexibilis*), putaran terbuka (*relinaculum-apertum*), seperti pilinan (*spiral*) dan vertikal (*verticillate*).

Hasil uji biokimia menunjukkan isolat AKS1, AKS2, AKS3, AKS4, AKS5, AKS6 dan AKS7 memiliki kesamaan karakter dengan genus *Streptomyces* yaitu spora non-motil, mampu menghasilkan enzim katalase, dapat mengasimilasi beberapa jenis gula, tidak mampu menghasilkan gas, H₂S dan indol (Tabel 4.1). Hal ini sesuai dengan pernyataan Holt *et al.* (1994), karakter kimia dari bakteri kelompok *Actinomycetes* khususnya genus *Streptomyces* memiliki spora non-motil dan menghasilkan enzim katalase, tidak menghasilkan gas, H₂S dan indol.

Isolat AKS1 dan AKS2 diduga memiliki kemiripan karakter dengan spesies *S. mobaraensis* menurut penelitian Nurkanto dan Agusta (2015), yaitu memiliki miselium aerial berwarna abu-abu, susunan konidia *spiral*, mampu mengasimilasi

glukosa dan mannitol, tidak mampu mengasimilasi sitrat, mampu menghasilkan enzim katalase dan menghasilkan enzim urease.

Isolat AKS3 AKS4 dan AKS5 diduga memiliki kemiripan dengan spesies *S.labeledae* menurut penelitian Nurkanto dan Agusta (2015), yaitu memiliki susunan konidia *spiral*, mampu mengasimilasi glukosa dan sitrat, serta dapat menghasilkan enzim katalase dan urease. Isolat AKS3, AKS4 dan AKS5 memiliki miselium aerial berwarna putih dan putih kecoklatan, berbeda dengan penelitian Nurkanto dan Agusta (2015), diperoleh hasil bahwa isolat *S.labeledae* memiliki miselium aerial berwarna kuning.

Isolat AKS2 dan AKS6 diduga memiliki kemiripan dengan *Streptomyces* sp. TN256 menurut penelitian Smaoui *et al.* (2011), yaitu dapat mengasimilasi glukosa, sukrosa, fruktosa dan sitrat, tetapi tidak dapat mengasimilasi laktosa, namun pada AKS2 tidak dapat mengasimilasi laktosa dan sukrosa. *Streptomyces* sp. TN256 memiliki miselium aerial berwarna kuning, sedangkan isolat AKS2 dan AKS6 memiliki miselium aerial berwarna putih kekuningan dan putih.

Isolat AKS7 diduga memiliki kemiripan dengan *S. Griseinus* menurut Euanorasetr *et al.* (2010), yaitu memiliki susunan konidia *rectus-flexibilis*. Isolat dapat mengasimilasi glukosa, mannitol dan fruktosa, tetapi tidak dapat mengasimilasi sukrosa dan laktosa. Isolat memiliki miselium aerial berwarna kuning kecoklatan, sedangkan isolat AKS7 memiliki miselium aerial berwarna hitam.

Hal ini sesuai dengan penelitian Esnard *et al.* (1995), menyatakan bahwa perbedaan warna koloni pada satu spesies bakteri *Actinomycetes* dapat disebabkan oleh perbedaan strain. *Actinomycetes* dalam satu spesies dapat memiliki karakter morfologi dan fisiologi yang berbeda. Penelitian Esnard *et al.* (1995), menyatakan bahwa *S. hygrosopicus* dan *S. hygrosopicus* subsp. *decoyinus* memiliki perbedaan warna koloni, kemampuan asimilasi gula, toleransi salinitas dan pH, serta menyatakan bahwa resistensi beberapa jenis antibiotik, walaupun sekuen gen 16S rRNA kedua isolat tersebut identik.

Berdasarkan hasil deteksi aktivitas daya hambat dari 7 isolat yang berhasil diisolasi diperoleh 5 isolat yaitu AKS1, AKS3, AKS4, AKS5 dan AKS7 yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* dan *S. aureus*, sedangkan 2 isolat yaitu AKS2 dan AKS6 hanya mampu menghambat bakteri *S. aureus* (Tabel 2). Kemampuan daya hambat

bakteri ditunjukkan dengan adanya zona bening diantara isolat bakteri *Streptomyces* dengan isolat bakteri *E. coli* dan *S. aureus* (Gambar 2). Sesuai dengan pernyataan Barka *et al.* (2016), bahwa genus bakteri *Actinomycetes* yang merupakan produsen antibiotik utama yaitu genus *Streptomyces*. Berdasarkan penghambatan isolat bakteri *streptomyces* terhadap bakteri patogen *E. coli* dan *S. aureus* diduga menggunakan mekanisme antibiosis.

Perbedaan penghambatan bakteri uji oleh genus *Streptomyces* yang diisolasi dari tanah gambut Desa Tajok Kayong diduga bahwa isolat bakteri *streptomyces* memiliki spektrum kerja luas dan spektrum kerja sempit. Lima isolat memiliki spektrum kerja luas karena mampu menghambat bakteri gram negatif *E. coli* dan gram positif *S. aureus.*, dua isolat memiliki spektrum kerja sempit karena hanya mampu menghambat bakteri gram positif *S. aureus*.

Perbedaan spektrum kerja isolat *Streptomyces* diduga karena adanya perbedaan metabolit sekunder yang disekresikan oleh masing-masing isolat *Streptomyces* dan perbedaan struktur selubung sel bakteri gram positif *E. coli* dan gram negatif *S. aureus*. Sesuai dengan penelitian Ramadhan (2011) diperoleh isolat *Streptomyces* yang menghasilkan antibiotik tetrasiklin yang mampu menghambat bakteri *E. coli* dan *S. aureus*, dan isolat *Streptomyces* yang menghasilkan antibiotik eritromisin hanya mampu menghambat bakteri *S. aureus*. Menurut Jawetz *et al.* (2005), selubung sel gram negatif sangat kompleks dan strukturnya berlapis-lapis, sedangkan pada gram positif selubung selnya relatif sederhana dan terdiri dari 2-3 lapis, sehingga sel bakteri gram positif lebih mudah di rusak dan bakteri gram negatif tidak mudah dirusak oleh senyawa metabolit sekunder mikroorganisme lain.

Jenis *Actinomycetes* yang terdapat dalam tanah tertentu akan sangat dipengaruhi oleh lokasi geografis seperti suhu, jenis tanah, pH tanah, kandungan bahan organik, kelembaban tanah dan senyawa seperti C (carbon), N (nitrogen), rasio C/N. Menurut Prasad *et al.* (2015), bakteri *Actinomycetes* dapat hidup pada kisaran pH rendah 4,0-5,0 dan tumbuh optimum pada kisaran pH 6,5-8,0, sedangkan Khan & Williams (1975) menyatakan bahwa genus *Streptomyces* tumbuh optimum pada pH 5-9 dan toleran terhadap pH 3-4. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian bahwa tanah gambut di desa Tajok Kayong memiliki pH asam yaitu 5,08, sehingga diperoleh isolat bakteri

Actinomycetes yang di dominasi oleh genus *Streptomyces*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alcama, IE, 1996, Laboratory fundamentals of microbiology, Farmingdale: Addison Wesley publishing company, Ontario, Sidney.
- Atlas, Ronald, M., 1946, Handbook of microbiological media, Ronald M. Atlas. 4th ed, Includes bibliographical references and index, ISBN 978-1-4398-CRC Press Taylor & Francis Group.
- Atmojo, SW, 2003, Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah Dan Upaya Pengelolaannya, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Barka, EA, Vatsa, P, Sanchez, L, Vaillant, NG, Jacquard, C, Klenk, HP, Clément, C, 2016, 'Taxonomy, Physiology, and Natural Products of Actinobacteria', *Microbiology and Molecular Biology Review*, vol. 80 No.1, hal 20-22.
- Esnard, J, Potter, TL, & Zuckerman, BM, 1995, 'Streptomyces costaricanus sp. nov., isolated from Nematode-suppressive soil', *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, vol.5, no.4, hal.775-779.
- Euanorasetr, J, Arjaree, N, Srisurang, T, Takuya, N, Yusuhiro, I, & Watanalai, P, 2010, 'Identification And Characterization Of Soil-Isolated Streptomyces Sje177 Producing Actinomycin', *Journal Trop Med Public Health*, vol. 41, no. 5, hal.1177-1187.
- Hitmatullah & Sukarman, 2007, 'Evaluasi Sifat-sifat Tanah Pada Landform Aluvial Di Kabupaten Donggala Sulawesi Tengah', *Jurnal Tanah dan Iklim*, vol.25, hal. 69-81.
- Holt, JG, Krieg, NR, Sneath, PAH, Staley, JT, Williams, ST, 1994, *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Edition*, Baltimor : Williams & Wilkins.
- Jawetz, Melnick & Adelberg's, 2005, *Mikrobiologi Kedokteran*, diterjemahkan oleh Eddy Mudihardi, Kuntaman, Eddy Bagus Wasito, Ni Made Mertaniasih, Setio Harsono, & Lindawati Alimsardjono, hal. 260-262, Salemba Medika, Jakarta.
- Jeffrey, LSH, 2008, 'Isolation, characterization and identification of Actinomycetes from

- agriculture soils at Semongok, Sarawak', *Afr J Biotechnol*, vol.7, no.3, hal.697-3702.
- Jeffrey, LSH, Norzaimawati, AN, & Rosnah H, 2011, 'Prescreening of bioactivities from *Actinomycetes* isolated from forest peat soil of Sarawak', *Journal Trop., Agric., and Fd Sc*, vol.39, no.2, hal.245–253.
- Khan, MR, & Williams, ST, 1975, 'Studies on the ecology of *Actinomycetes* in soil, Distribution and characteristics of acidophilic *Actinomycetes*', *Soil Biol. Biochem.*, vol.7, hal. 345 348.
- Kurniawati, S, Mutaqin, KH,& Giyant, 2015, 'Eksplorasi Dan Uji Senyawa Bioaktif Bakteri Agensia Hayati Untuk Pengendalian Penyakit Kresek Pada Padi'', *J. Hpt Tropika*, vol.15, no.2, hal.170-179.
- Lestari, N, Odesia, Roza, M, & Martina, M, 2014, 'Analisis Fisiologi Bakteri Lignoselulolitik dan Aktinomisetes Selulolitik dan Ligninolitik dari Tanah Gambut Desa Rimbo Panjang Kabupaten Kampar Sebagai Agen Biokompos', *JOM*, vol.1, No. 2, hal.571-580.
- Locci, R, 1989, *Streptomyces* and related genera, *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Baltimore, William & Wilkins Company, 2344-2508.
- LPT (Lembaga Penelitian Tanah), 1983, Penuntun Analisa Fisika dan Kimia Tanah, Lembaga Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Marta, Tetty, Linda, Napitupuli, L, & Roza1, RM, 2016, Seleksi Aktinomisetes Isolat Lokal Dari Tanah Gambut Riau Sebagai Antipatogen Pada *Streptococcus pyogenes*, Prosiding Seminar Nasional from Basic Science to Comprehensive Education.
- Mutalib, AA, Lim JS, Wong MH & Koonvai L, 1991, *Characterization, Distribution and Utilization of Peat In Malaysia*, Proc., International Symposium on tropical peatland, Kuching, Serawak, Malaysia.
- Nurkanto, A & Agusta, A, 2015, 'Identifikasi Molekular dan Karakterisasi Morfo Fisiologi *Actinomycetes* Penghasil Senyawa Antimikroba', *Jurnal Biologi Indonesia*, vol.11, no.2, hal.195-203.
- Prasad, M, Kumar, S, Kumar U, & Anupama, 2015, 'Screening Of Endophytic *Actinomycetes* From Different Indigenous Medicinal Plants', *European Journal Of Experimental Biology*, vol.5, no.4, Hal.7-14.
- Ramadhan, H, 2011, 'Isolasi *Actinomycetes* Penghasil Antibiotik terhadap *Escherichia Coli* dan *Staphylococcus Aureus* dari Tanah Sawah', *Jurnal Agro*, vol.2, no.1, hal.50-64.
- Smaoui, Slim, Mathieu, Florence, Elleuch, Lobna, Coppel, Yannick, Merlina, Georges, Rebai, K, Mellouli, Lofti, 2011, 'Taxonomy, purification and chemical characterization of four bioactive compounds from new *Streptomyces* sp.TN256 strain'. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 28, no.3, hal. 793-804.
- Subagjyo, H, & Widjaja, A, 1998, Peluang dan kendala penggunaan lahan rawa untuk pengembangan pertanian di Indonesia, kasus Sumatera Selatan dan Kalimantan Tengah, Pros., Pertemuan Pembahasan Komunikasi Hasil Penelelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Waluyo, L, 2008, *Mikrobiologi Lingkungan*, 266-270, UMM Press, Malang
- William, ST, Goodfellow, M, Alderson, G, Wellington, EM, Sneath, PH, & Sackin, MJ, 1983, 'Numerical classification of *Streptomyces* and related genera', *Jurnal Gen Microbiol*, vol.129, hal.1743