

ARTIKEL

## AKTIVITAS KITINASE DARI AKTINOBAKTERI SEBAGAI BIOKONTROL *Ganoderma boninense*

[*Activity of Chitinase from Actinobacteria as Biocontrol for Ganoderma Boninense*]

Ashif Irvan Yusuf<sup>\*1</sup>, Fitriatul Aini<sup>1</sup>, Hasna Ul Maritsa<sup>1</sup>, Hesti Riany<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi (FST), Universitas Jambi (UNJA)

<sup>2</sup>Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sulthan Thaha Saifuddin Jambi

### ABSTRAK

Aktinobakteri merupakan salah satu agen hayati yang mampu menghambat jamur patogen pada tanaman. Aktinobakteri mampu menghasilkan kitinase yang menghidrolisis dinding sel jamur sehingga menghambat pertumbuhan jamur patogen. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi kemampuan penghambatan *Ganoderma boninense* oleh kitinase dari aktinobakteri hasil isolasi dari tanah di Jambi. Isolat diremajakan pada media *starch nitrate agar*, produksi kitinase dilakukan menggunakan koloidal kitin yang diperkaya. Pengukuran aktivitas kitinase dilakukan dengan menggunakan N-asetil glukosamin (GlcNAc) sebagai standar lalu dibaca dengan spektrofotometer UV-VIS pada  $\lambda$  584 nm. Hasil uji kualitatif menunjukkan nilai indeks kitinolitik S16 dan KT4 sebesar 1,90 dan 1,75. Uji aktivitas kitinase dari kedua isolat menunjukkan nilai aktivitas kitinase S16 dan KT4 sebesar 0,030 U/ml dan 0,027 U/ml. Uji penghambatan terhadap bakteri patogen *Ganoderma boninense* diperoleh daya hambat sebesar  $54,33 \pm 1,53$  dan  $41,00 \pm 1,41$  untuk isolat S16 dan KT4. Penelitian ini menyimpulkan bahwa aktinobakteri memiliki potensi untuk mengendalikan pertumbuhan *Ganoderma boninense*.

**Kata Kunci :** aktinobakteri, biokontrol, kitinase, *Ganoderma boninense*

### ABSTRACT

*Actinobacteria are one of the biological agents that can control pathogenic fungi in plants. Actinobacteria can produce chitinase that can hydrolyze the fungal cell wall to inhibit the growth of pathogenic fungi. The purpose of this study was to evaluate the inhibitory ability of Ganoderma boninense by chitinase from actinobacteria isolated from soil in Jambi. Isolates were revived on starch nitrate agar media and chitinase production was carried out using colloidal chitin enriched. Measurement of chitinase activity was carried out using N-acetyl glucosamine (GlcNAc) as a chitinase standard and read using a UV-VIS spectrophotometer at  $\lambda$  584 nm. Qualitative test results showed the chitinolytic index value of S16 and KT4 were 1,90 and 1,75 respectively. The chitinase activity of both isolates S16 and KT4 were 0,030 U/ml and 0,027 U/ml respectively. Inhibition test against pathogenic bacteria Ganoderma boninense obtained inhibition power of  $54,33 \pm 1,53$  and  $41,00 \pm 1,41$  for isolate S16 and KT4 respectively. This study concludes that actinobacteria have the potential to control the growth of Ganoderma boninense.*

**Keywords:** Actinobacteria, biocontrol, chitinase, *Ganoderma boninense*

**Diterima:** 31 Desember 2023; **Diperbaiki:** 19 Maret 2024; **Disetujui:** 27 Mei 2024

**\*Penulis untuk Korespondensi:** e-mail – ashifirvan@unja.ac.id

## PENDAHULUAN

Biokontrol merupakan pilihan solusi terhadap suatu permasalahan dengan menggunakan agen hayati. Mikroorganisme merupakan salah satu agen hayati yang umum digunakan, terutama untuk menyelesaikan masalah patogen tanaman. Salah satu patogen yang sangat merugikan petani, khususnya sawit adalah jamur *Ganoderma boninense* penyebab terjadinya kebusukan di pangkal batang tanaman sawit. Serangan jamur ini mengakibatkan terjadinya gagal panen dan penurunan produktivitas sawit itu sendiri, hingga mengakibatkan kematian hingga 80% dari total populasi tanaman sawit (Wibowo *et al.*, 2017; Queendy dan Roza, 2019).

Aktinobakteri merupakan mikroorganisme yang dikenali memiliki kemampuan biokontrol terhadap patogen tanaman. Aktivitas penghambatan diduga akibat aktivitas enzim kitinase yang dihasilkan oleh aktinobakteri. Enzim kitinase mendegradasi sebagian besar komponen dinding sel jamur yang tersusun oleh kitin. Muthathanas dan Listiana (2008) menunjukkan sekitar 44% isolat aktinobakteri dari genus *Streptomyces* mampu menghambat jamur patogen tanaman, seperti *Rhizoctonia solani* dan *Sclerotium roflsii*, dengan daya hambat yang berbeda-beda (20-70%). *Streptomyces griseorubens* E44G memiliki aktivitas kitinolitik yang mampu menghambat *Fusarium oxysporum* dan optimum pada suhu 60°C dan pH 5,5 (Rashad *et al.*, 2017). Yurnaliza *et al.*, (2011) menunjukkan *Streptomyces* Rkt5 mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit busuk dan layu (akar, batang, dan kecambah) dengan kemampuan kitinolitiknya. Wibowo *et al.*, (2020) melaporkan telah mengisolasi 16 isolat dari daerah perkebunan karet, dengan hasil 2 isolat memiliki nilai IK sebesar 1,25 dan 1,5.

Beberapa aktinobakteri hasil isolasi dari berbagai tempat dari Provinsi Jambi diketahui memiliki potensi sebagai agen biokontrol. Saragih, Octaviana dan Nurhakim (unpublish) melaporkan hasil isolasi aktinobakteri dari lahan gambut, perkebunan kelapa sawit dan Hutan Harapan mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen. Penelitian Maritsa dan Riany (2022), menunjukkan hasil isolasi aktinobakteri dari berbagai jenis tanah asal Jambi mendapatkan sebanyak 62% (23 isolat) hasil isolasi aktinobakteri memiliki kemampuan untuk menghambat *Ganoderma boninense*, dengan aktivitas penghambatan aktinobakteri bervariasi antara 0 - 81,58%.

Kemampuan kitinase sebagai biokontrol patogen tanaman, saat ini sedang dikembangkan menjadi produk yang ramah lingkungan terutama dalam bidang medis, pertanian, pangan dan industri (Haliza dan Suhartono, 2012). Tujuan penelitian ini untuk mempelajari kemampuan aktinobakteri asal Provinsi Jambi untuk menghasilkan kitinase sebagai agen biokontrol terhadap patogen tanaman *Ganoderma boninense*.

## BAHAN DAN CARA KERJA

### Isolat Aktinobakteri

Isolat yang digunakan dalam penelitian ini adalah stok isolat aktinobakteri Laboratorium Bioteknologi dan Rekayasa, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi. Isolat merupakan hasil isolasi dari lahan gambut dan lahan perkebunan sawit PTPN VI.

### Peremajaan Isolat Aktinobakteri

Stok isolat diremajakan pada media *Starch Nitrate Agar* (SNA) (0,1 g KNO<sub>3</sub>; 0,05 g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>; 0,05 g MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 0,05 g NaCl; 0,001 g FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 2 g *soluble starch*; 2 g agar; 100 mL akuades) dengan menggunakan metode *streak plate* pada cawan petri (Nurmalinda *et al.*, 2020).

### Koloidal Kitin

Sebanyak 20 g bubuk kitin ditambahkan ke dalam 400 ml asam klorida (HCl) 1N lalu tutup rapat wadah, simpan selama 24 jam pada suhu 4°C (semua tahapan perlakuan di suhu dingin). Larutan disaring menggunakan kertas saring Whatman 41, filtrat ditambahkan 200 mL air dingin dan pH diatur menjadi 7,0. Sentrifugasi pada kecepatan 8.000 rpm dan suhu 4°C selama 10 menit. Ambil pelet lalu dicuci dengan akuades dingin, sentrifugasi kembali. Endapan (koloidal kitin) disimpan pada suhu dingin (Suryadi *et al.*, 2014).

## Uji Kualitatif

Aktinobakteri ditumbuhkan pada media kitin agar (0,5 g koloidal kitin; 0,1 g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>; 0,01 g MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O; 0,05 g *yeast extract*; 0,1 g pepton; 0,1 g *bacto tripton*; 0,5 g NaCl; 0,1 g (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 1 g agar; 100 mL akuades). Sebanyak 2 ose isolat aktinobakteri diencerkan ke dalam 100 mL akuades, lalu 5 mL isolat diinokulasikan dengan metode titik di tengah media kitin agar lalu diinkubasi pada suhu 31°C selama 7 hari (Suryadi *et al.*, 2014). Isolat direndam dengan *congo red* 0,1% selama 15 menit, lalu dibilas menggunakan akuades. Zona bening yang terbentuk diukur menggunakan jangka sorong (Haedar *et al.*, 2017).

## Produksi Ekstrak Kasar Kitinase

Sebanyak 1-2 lup bakteri diinokulasi ke dalam 100 mL media kitin cair (koloidal kitin 0,3%; *yeast extract* 0,1%; K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0,1%; MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0,01% dan NaCl 0,1%), diinkubasi selama 48 jam pada suhu ruang ( $\pm 27^\circ\text{C}$ ). Kultur disentrifugasi dengan kecepatan 8.000 rpm selama 15 menit. Ekstrak kasar enzim diendapkan dengan menggunakan amonium sulfat dengan kadar 20-70%. Hasil endapan dilarutkan dengan 1 mL buffer fosfat 0,1 M; pH 7,0 lalu dilakukan pengukuran aktivitas enzim kitinase (Nurmalinda *et al.*, 2020).

## Pengukuran Aktivitas Kitinase

Sebanyak 150  $\mu\text{L}$  ekstrak kasar enzim kitinase ditambahkan ke dalam 300  $\mu\text{L}$  koloidal kitin dan 150  $\mu\text{L}$  bufer fosfat 0,1 M pada suhu 37°C, pH 7, lalu di vortex. Larutan di inkubasi di *waterbath* pada suhu 30°C selama 30 menit. Hentikan reaksi dengan direndam pada suhu 100°C selama 10 menit lalu didinginkan selama 10 menit. Larutan disentrifugasi pada kecepatan 6.000 rpm selama 5 menit. Filtrat diambil lalu ditambahkan 500  $\mu\text{L}$  akuades dan 1.000  $\mu\text{L}$  reagens *schales* (K-Ferrisianida dan Na-Karbodat 0,5 M), setelah itu diinkubasi pada suhu 100°C selama 10 menit (Spindler, 1997). Aktivitas enzim diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm. Satu unit aktivitas enzim didefinisikan sebagai jumlah enzim yang dihasilkan 1  $\mu\text{mol}$  N-asetil glukosamin (sebagai standar) per menit (Nurmalinda *et al.*, 2020).

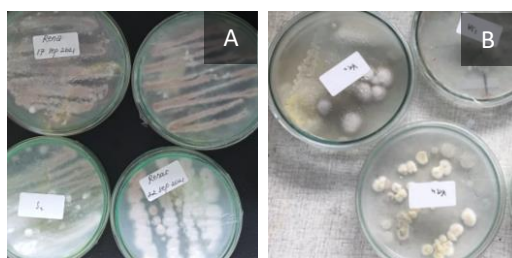
## Uji Antagonis terhadap *Ganoderma boninense*

Jamur patogen berukuran 0,5 cm diletakkan pada cawan petri yang sama dengan sumur berisi enzim kitinase berjarak 3 cm satu dengan yang lain. Kultur diinkubasi selama 14 hari pada suhu ruang ( $\pm 28^\circ\text{C}$ ) (Nurmalinda *et al.*, 2020). Daya hambat dihitung dengan membandingkan antara jari-jari koloni patogen dan jari-jari enzim kitinase. Daya hambat enzimatik terhadap *Ganoderma boninense* juga diamati secara makroskopis

## HASIL

### Isolasi Bakteri Tanah

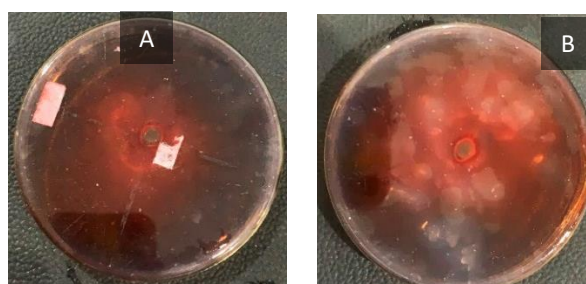
Kitinase adalah enzim ekstraseluler dengan kemampuan hidrolisis kitin menjadi monomer ataupun oligomer. Enzim diperoleh dari isolat aktinobakteri asal 2 jenis tanah yang berbeda yaitu tanah asal perkebunan sawit dan tanah gambut. Isolat S16 (tanah perkebunan sawit) dan isolat KT4 (tanah lahan gambut) digunakan untuk membandingkan kemampuan kitinase aktinobakteri dari 2 jenis tanah yang berbeda. Bentuk koloni kedua isolat tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Isolat Aktinobakteri yang di Uji. Catatan: A: isolat S16; B: isolat KT4. (*Actinobacteria Isolates Tested. Notes: A. isolate S16, and B. isolate KT4. Note: A: isolate S16; B: isolate KT4.*)

### Aktivitas Kitinase

Hasil uji kualitatif merupakan metode pengukuran kemampuan isolat mendegradasi kitin dengan memvisualisasikan zona bening menggunakan *congo red* setelah 7 hari diinkubasi (Gambar 2). Zona bening dikonversi menjadi nilai indeks (Tabel 1) dengan menghitung perbandingan antara diameter koloni dengan diameter zona yang terbentuk dan dinyatakan dalam bentuk nilai Indeks Aktivitas Kitinolitik (IK) (Haedar *et al.*, 2017). Isolat S16 memiliki nilai indeks  $1,90 \pm 0,28$ , sedangkan isolat KT14 dengan nilai indeks  $1,75 \pm 0,07$ .



**Gambar 2.** Hasil Uji Kualitatif Isolat Aktinobakteri pada Berbagai Lokasi. Catatan: A: isolat S16; B: isolat KT4. (*Qualitative Test Results of Actinobacteria Isolates. Notes: A: isolate S16; B: isolate KT4.*)

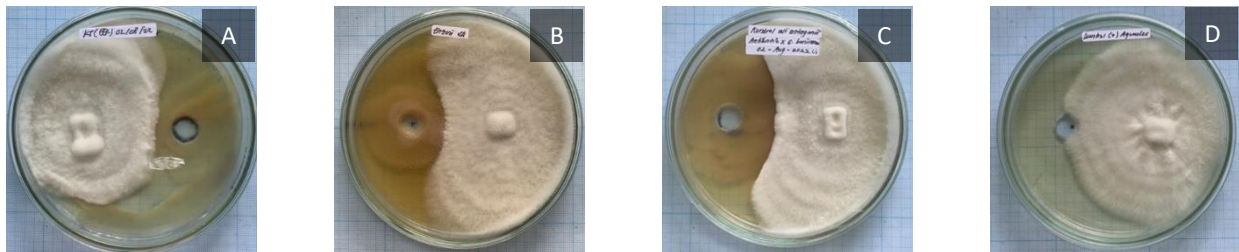
Aktivitas kitinase diukur secara kuantitatif dengan menentukan waktu produksi enzim yang optimal dengan melihat kurva pertumbuhan yang diukur sebelumnya. Fase pertumbuhan tertinggi kedua isolat diperoleh di jam ke-24 yang kemudian dijadikan waktu panen enzim. Ekstrak Kasar Enzim (EKE) yang dipanen pada jam ke-24, diukur aktivitasnya setelah dipekatkan dengan amonium sulfat. Isolat S16 memiliki aktivitas 0,030 U/mL sedikit lebih tinggi dibanding isolat KT4 yang memiliki aktivitas sebesar 0,027 U/mL pada substrat di pH 7 dan suhu ruang (Tabel 1).

**Tabel 1.** Nilai Indeks Kitinolitik (*Chitinolytic Index Value*)

Isolat ( <i>Isolate</i> )	Indeks Kitinolitik ( <i>Chitinolytic Indexs</i> )	Aktivitas Enzim ( <i>Enzyme Activity</i> ) (U/mL)
S16	$1,90 \pm 0,28$	0,030
KT4	$1,75 \pm 0,07$	0,027

### Daya Hambat Kitinase terhadap *Ganoderma boninense*

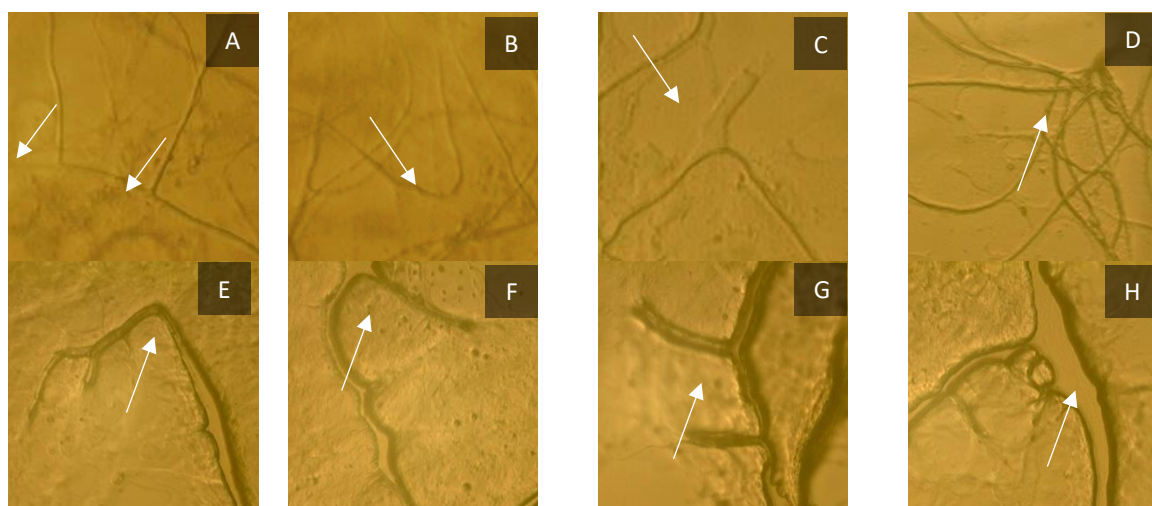
Daya hambat dengan metode *dual culture* dalam persen merupakan nisbah jari-jari patogen yang tumbuh ke arah enzim dan yang menjauhi enzim. Daya hambat enzim hasil pemekatan dari isolat S16 diperoleh nilai sebesar  $54,33 \pm 1,53$  % dan isolat KT4 sebesar  $41,00 \pm 1,41$  %. (Tabel 2 dan Gambar 3). Proses penghambatan juga diamati secara mikroskopis untuk melihat bagaimana pertumbuhan hifa dari jamur patogen. Hasil pengamatan terlihat terdapat abnormalitas pada hifa jamur patogen berupa hifa melilit, bercabang maupun membesar (Gambar 4).



**Gambar 3.** Hasil Uji Antagonis terhadap Pertumbuhan *Ganoderma boninense*. Catatan: A. Isolat KT4 B. Isolat S16, C. Kontrol (+) antibiotik, dan D. Kontrol (-) akuades. (*Antagonistic Test Results of Chitinase Enzyme KT4 (A) dan S16 (B), against the Growth of Ganoderma boninense. Using antibiotics as positive control (C) dan aquades as negative control (D)*)

**Tabel 2.** Hasil Uji Zona Hambat Enzim Kitinase terhadap *Ganoderma boninense*. (*Inhibition Zone Results of Chitinase Enzyme against Ganoderma boninense*)

Isolat <i>Isolate</i>	Daya Hambat <i>Inhibitory Capabilities (%)</i>	Keterangan <i>Description</i>
S16 Pemekatan ( <i>concentrated</i> )	$54,33 \pm 1,53$	Tinggi ( <i>high</i> )
KT4 Pemekatan ( <i>concentrated</i> )	$41,00 \pm 1,41$	Sedang ( <i>medium</i> )
Kontrol (+) antibiotik <i>Positive control antibiotics</i>	$48,00 \pm 10,15$	Sedang ( <i>medium</i> )



**Gambar 4.** Kondisi Hifa Abnormal. Catatan: A-D Isolat S16 (A. Hifa Bercabang, B. Hifa Melengkung, C. Hifa Membesar, dan D. Hifa Melilit) dan E-F Isolat KT4 (E. Hifa Patah, F. Hifa Melengkung, G. Hifa Bercabang dan H. Hifa Membesar). (*Abnormal Hyphae Condition. Notes: A-D Isolate S16 (A. Branched Hyphae, B. Curved Hyphae, C. Enlarged Hyphae, and D. Twisted Hyphae) and E-F Isolate KT4 (E. Broken Hyphae, F. Curved Hyphae, G. Branched Hyphae and H. Enlarged Hyphae).*)

## PEMBAHASAN

Aktinobakteri merupakan organisme pengurai kitin terbaik karena memiliki serangkaian enzim untuk mendegradasi kitin. Kemampuan menghasilkan enzim ini digunakan untuk memanfaatkan kitin atau kitosan sebagai sumber karbon dan nitrogen (Lacombe-Harvey *et al.*, 2018). Isolat aktinobakteri yang diuji merupakan isolat yang diperoleh dari tanah lahan sawit dan tanah gambut hasil penelitian sebelumnya. Tanah sawit dan gambut adalah tanah yang kaya akan bahan organik dibanding jenis tanah lain, sehingga aktinobakteri mampu memanfaatkan bahan tersebut untuk pertumbuhannya (Shariffah-Muzaimah *et al.*, 2015). Komponen tanah atau kompos yang memiliki kandungan kitin, dianggap sebagai biokontrol dalam bidang pertanian karena secara tidak langsung meningkatkan daya hambat tanah terhadap patogen tanaman. (Lacombe-Harvey *et al.*, 2018).

Penelitian aktivitas kitinase dilakukan dengan menggunakan media koloidal kitin. Media koloidal kitin memudahkan pengujian aktivitas enzim kitinase berdasarkan standar N-asetil-D-glukosamin, yang merupakan produk hidrolisis kitin. Degradasi kitin akan membentuk zona bening yang menandakan telah terjadi degradasi kitin oleh kitinase.

Besarnya zona bening yang tercermin dari nilai indeks, menunjukkan kemampuan isolat menghasilkan kitinase dalam jumlah tinggi. Kitinase adalah enzim ekstraseluler yang mungkin memainkan peran penting dalam hidrolisis kitin, enzim ini diproduksi di dalam sel bakteri, tetapi disekresikan ke dalam media pertumbuhan. Nilai indeks kedua isolat menunjukkan bahwa kedua isolat memiliki potensi sebagai penghasil kitinase dengan nilai indeks yang lebih besar dari 1,5. Menurut Nurmalinda *et al.*, (2020), isolat dengan nilai indeks 1,5 atau lebih dianggap isolat potensial penghasil enzim kitinolitik. Hal tersebut diperkuat oleh penelitian Suryadi *et al.*, (2014) yang menyatakan indeks kitinolitik di atas 1,5 terhitung sebagai isolat yang memiliki aktivitas yang kuat.

Pengukuran aktivitas kitinase secara kuantitatif dilakukan dengan memproduksi enzim di media koloidal kitin cair yang dipanen pada jam ke-24. Penentuan waktu panen dilakukan dengan melihat grafik kurva pertumbuhan yang telah dibuat sebelumnya. Pertumbuhan bakteri pada fase eksponensial diharapkan aktinobakteri mampu memproduksi enzim secara optimum. Perbedaan waktu optimum produksi enzim kemungkinan adanya perbedaan kondisi media, dimana enzim adalah molekul spesifik yang aktivitasnya tergantung suhu, keasaman, dan denaturasi protein (Suryadi *et al.*, 2014). Isolat S16 dan KT4 memiliki aktivitas 0,030 dan 0,027 U/mL. Hasil ini memperkuat uji kualitatif dengan indeks kitinolitik sebelumnya dimana nilai indeks isolat S16 lebih besar dibandingkan dengan isolat KT4.

Hasil uji daya hambat menggunakan metode *dual culture* terhadap patogen *Ganoderma boninense* memberikan hasil yang positif, dimana isolat S16 memiliki daya hambat dengan kategori tinggi dibanding isolat KT4 dengan daya hambat kategori sedang. Kemampuan isolat S16 yang lebih tinggi untuk menghasilkan enzim kitinase secara kualitatif dan kuantitatif ternyata lebih mampu menghambat pertumbuhan dari jamur patogen. Shariffah-Muzaimah *et al.*, (2015) menyebutkan bahwa mekanisme penghambatan oleh aktinobakteri sebagian besar karena adanya bahan bioaktif yang dihasilkannya, seperti antibiotik, enzim pendegradasi dinding sel dan kompetisi nutrisi.

Alasan kemampuan mendegradasi kitin yang baik dari aktinobakteri karena kitinase digunakan untuk menghancurkan kitin yang ada pada dinding sel jamur. Target utama aktivitas kitin adalah ujung hifa jamur dimana pada bagian ini kitin masih dalam bentuk murni sebagai utas tunggal dan belum mengalami polimerisasi silang membentuk glukukan dan glikoprotein. Kitin murni ini juga masih terhubung dengan komponen lain dinding sel sehingga mudah didegradasi oleh kitin dari aktinobakteri (Bai, 2015).

Pengamatan terhadap hifa patogen *Ganoderma boninense* menunjukkan hal yang selaras. Pengamatan mikroskopis memperlihatkan abnormalitas hifa pada patogen akibat terpapar dari kitinase aktinobakteri. Hifa yang patah, bercabang, membesar, atau melengkung banyak ditemukan dari hasil uji *dual culture*. Hasil degradasi pada dinding sel jamur, akan menyebabkan perubahan bentuk morfologi pada hifa serta mengganggu metabolisme. Gangguan metabolisme terjadi akibat proses transpor aktif penghasil ATP di membran sel terganggu.

Hal yang sama juga dilaporkan oleh Zivkovic *et al.*, (2010) yang menguji daya hambat 2 isolat aktinobakteri yaitu BAE36 dan BAD211 terhadap *F.oxysporum* dan *C. capsici*. Pengamatan hifa memperlihatkan kerusakan hifa cendawan, dimana isolat BAE36 dan BAD211 membuat ujung hifa *C. capsici* menebal dan bergelombang, sedangkan hifa *F.oxysporum* terlihat menipis dan kosong. Hal yang sama diperlihatkan oleh Nurdin *et al.*, (2016) dimana pengamatan hifa *C. capsici* yang ditumbuhkan pada media PDA dengan penambahan ekstrak kasar enzim terlihat bercabang, sedangkan hifa *F. oxysporum* menipis.

Kemampuan mendegradasi kitin selain secara fisiologis, juga dipengaruhi sifat morfologi. Aktinobakteri sebagai bakteri berhifa dilaporkan lebih mampu mendegradasi kitin apabila dibandingkan dengan kebanyakan bakteri non-hifa (De Boer *et al.*, 1999). Hifa pada aktinobakteri membantu motilitas bakteri dimana motilitas telah dianggap sebagai faktor penting untuk menyerang jamur hidup (Bai, 2015).

Secara umum, agen pengendali hayati memiliki beberapa mekanisme antagonis terhadap mikrob patogen, seperti kompetisi nutrisi untuk pertumbuhan, menghasilkan senyawa metabolit sekunder, mengubah kondisi fisiologis pertumbuhan tanaman dan membentuk resistensi terhadap patogen (Tangavelu & Mustaffa 2012). Kolonisasi agen pengendali hayati pada tanaman akan melindungi tanaman dari serangan patogen, sedangkan senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan dapat berupa senyawa fenol yang mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen (Soesanto *et al.*, 2010)

## **KESIMPULAN**

Kedua isolat memiliki potensi sebagai agen biokontrol terhadap patogen *Ganoderma boninense*, dimana isolat S16 memiliki potensi penghambatan yang lebih baik dibanding isolat KT4. Hasil uji daya hambat menunjukkan kerusakan pada hifa *Ganoderma boninense* yang diduga dari aktivitas kitinase dari kedua isolat.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih atas pendanaan penelitian oleh dana penelitian PNBPFakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, di bidang Energi, Sumber Daya Alam dan Lingkungan.

## **KONTRIBUSI PENULIS**

AIY: mengumpulkan data, membuat draft artikel, merevisi naskah akhir; FA: membuat konsep penelitian, membuat draft artikel; HUM: mengumpulkan data penelitian, merevisi naskah; HR: membuat konsep penelitian, mengumpulkan data penelitian.

## **REFERENSI**

- Brzezinska M.S., Jankiewicz U., Walczak, M. 2013. Biodegradation of Chitinous Substances and Chitinase Production by the Soil Actinomycete *Streptomyces rimosus*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 84, pp. 104-110.
- Bai Yani. (2015). Ecological Functioning of Bacterial Chitinases in Soil. *Dissertation*. Leiden University
- De Boer, W., Gerards, S., Gunnewiek, P.J.A.K., Modderman, R. 1999. Response of the Chitinolytic Microbial Community to Chitin Amendments of Dune Soils. *Biol Fertil Soils* 29, pp. 170–177.
- Ekowati C., Hariyadi P., Witarto A.B., Hwang J.K., Suhartono M.T. 2006. Biochemical Characteristics of Chitinase from the Indonesian *Bacillus licheniformes* MB-2. *Molecular Biotechnology*, 33, pp. 93-102
- Haedar N., Fahrudin, Aryanti W., Natsir, H. 2017. Produksi dan Karakterisasi Enzim Kitinase dari Bakteri Kitinolitik asal Kerang *Anadara granosa*. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 8(1), pp. 7-13.

- Haliza, W., Suhartono, M.T. 2012. Karakteristik Kitinase dari Mikrobial. *Buletin Teknologi Pascapanenan Pertanian*, 8(1), pp. 1-14.
- Maritsa, H., Riany, H. 2022. Screening Antagonistik *Actinobacteria* sebagai Agen Biokontrol terhadap *Ganoderma boninense*. *Jurnal Silva Tropika*, 6(1), pp. 60-67.
- Lacombe-Harvey, M.E., Brzezinski, R., Beaulieu, C. 2018. Chitinolytic Function in Actinobacteria: Ecology, Enzymes, and Evolution. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 102, pp. 7219-7230.
- Muthahanas, I., Listiana, E. 2017. Skrining *Streptomyces* sp. Isolat Lombok sebagai Pengendali Jamur Hayati beberapa Jamur Patogen Tanaman. *Crop Agro Jurnal Ilmiah Budidaya*, 1(2), pp. 130-136.
- Nurdin, G.M., N.R. Mubarik, Sudirman, L. 2016. Selection of Chitinolytic Bacteria as Biological Control of *Colletotrichum capsici*. *Malaysian Journal of Microbiology*, 12(1), pp. 35-42.
- Nurmalinda, A., Mubarik, N.R., Sudirman, L. 2020. Seleksi dan Karakterisasi Bakteri Penghasil Kitinase Penghambat Pertumbuhan Cendawan Patogen Tanaman. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(1), pp. 35-42.
- Queendy, V., Roza, R.M. 2019. Aktivitas Antifungi Isolat Aktinomisetes Arboretum Universitas Riau terhadap Jamur *Fusarium oxysporum* f.sp *lycopersici* dan *Ganoderma boninense*. *Al-Kauniyah Jurnal Biologi*, 12(1), pp. 73-88.
- Rashad, Y.M., Al-Askar, A.A., Ghoneem, K.M., Saber, W.I.A., Havez, E.E. 2017. Chitinolytic *Streptomyces griseorubens* E44G Enhances the Biocontrol Efficacy against *Fusarium* Wilt Disease of Tomato. *Phytoparasitica*, 45, pp. 227-237.
- Shariffah-Muzaimah, S.A., Idris, A.S., Madihah, A.Z., Dzolkhifli, O., Kamaruzzaman, S., Cheong P.C.H. 2015. Isolation of Actinomycetes from Rhizosphere of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) for Antagonism against *Ganoderma boninense*. *Journal of Oil Palm Research*, 27(1), pp. 19 – 29.
- Soesanto, L., Mugiastuti, E., Rahayuniati, R.F. 2010. Kajian Mekanisme Antagonis *Pseudomonas fluorescens* P60 terhadap *Fusarium oxysporum* F.Sp. *Lycopersici* pada Tanaman Tomat In Vivo. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 10(2), pp. 108-115.
- Suryadi, Y., Susilowati, D.N., Lestari, P., Priyatno, T.P., Samudra, I.M., Hikmawati, N., Mubarik, N.R. 2014. Characterization of Bacterial Isolates Producing Chitinase and Glucanase for Biocontrol of Plant Fungal Pathogens. *Journal of Agricultural Technology*, 10(4), pp. 983-999.
- Thangavelu, R., Mustaffa, M.M. 2012. Current Advance in the *Fusarium* Wilt Disease Management in Banana with Emphasis on Biological Control. *Plant Pathology* (ed. Cumagun C.J.R). InTech, Croatia
- Wibowo, R.H., Sipriyadi, S., Mubarik, N.R., Rusmana, I., Suhartono, M.T. 2020. Isolation and Screening of Soil Chitinolytic Actinobacteria as the Anti-Fungal Producer of Plant Pathogens. *Elkawnie Jurnal of Islamic Science and Technology*, 6(2), pp. 273-286.
- Yurnaliza. 2011. Kemampuan Kitinase *Streptomyces* RKt5 sebagai Antijamur terhadap Patogen *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(1), pp. 42-46.
- Zivkovic, S., Stojanovic, S., Ivanovic, Z., Gavrilovic, V., Popovic, T., Balaz, J. 2010. Screening of Antagonistic Activity of Microorganisms against *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum gloeosporioides*. *Archives of Biological Sciences*. 62(3), pp. 611-623.